NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. A. MÜNTZ.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1893

LISTE PAR ORDRE DE MATIÈRES

DES TRAVAUX PUBLIÉS PAR M. A. MÜNTZ.

Économie rurale.

Statique des cultures industrielles (le houblon), *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. LXXIV, p. 1044, et *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXVI, p. 172.

Recherches sur l'alimentation et sur la production du travail. — Premier Mémoire : *Annales de l'Institut agronomique*, t. II, p. 51. — Deuxième Mémoire : *ibid.*, t. III, p. 23. — Troisième Mémoire : *ibid.*, t. IV, p. 75. — Quatrième Mémoire : *ibid.*, t. IX, p. 71.

Recherches sur la digestion des fourrages employés dans l'alimentation des chevaux, *ibid.*, t. V, p. 195.

Recherches sur la valeur alimentaire du foin (en commun avec M. Ant.-Ch. Girard), *ibid.*, t. V, p. 229.

Recherches sur la valeur alimentaire de l'avoine (en commun avec M. Ant.-Ch. Girard, *ibid.*, t. VIII, p. 161.

Recherches sur la digestibilité de la féverole (en commun avec M. Ant.-Ch. Girard), *ibid.*, t. VIII, p. 183.

Recherches sur la digestibilité du sarrasin (en commun avec M. Ant.-Ch. Girard), *ibid.*, t. VIII, p. 193.

Recherches sur la digestibilité de la carotte (en commun avec M. Ant.-Ch. Girard), *ibid.*, t. VIII, p. 198.

Phénomènes chimiques de la digestion chez le cheval (en commun avec M. Ant.-Ch. Girard), *ibid.*, t. VIII, p. 203.

Recherches sur la valeur alimentaire de l'orge (en commun avec M. Ant.-Ch. Girard), *ibid.*, t. IX, p. 91.

Étude sur les avoines indigènes comparées aux avoines exotiques (en commun avec M. Lavalard). Rapport fait au Ministre de la Guerre.

De l'influence de l'engraissement des animaux sur la constitution des graisses formées dans leurs tissus. *Comptes rendus*, t. XC, p. 1175, et *Annales de l'Institut agronomique*, t. III, p. 63.

Études sur l'engraissement intensif (en commun avec M. Viet), *ibid.*, t. VII, p. 59.

Études sur les animaux primés au Concours général de 1881, *ibid.*, t. V, p. 242.

Études sur les animaux primés au Concours général de 1882, *ibid.*, t. VII, p. 47.

Études sur les animaux primés au Concours général de 1883, *ibid.*, t. VII, p. 53.

Sur la conservation des grains par l'ensilage, *Comptes rendus*, t. XCII, p. 97 et 137, et *Annales de l'Institut agronomique*, t. IV, p. 19.

Étude sur le topinambour considéré comme plante fourragère et comme plante industrielle (en commun avec M. Ant.-Ch. Girard), *ibid.*, t. IX, p. 101.

Recherches sur la production du fumier (en commun avec M. Ant.-Ch. Girard), *Bulletin de la Société des Agriculteurs de France*, 1884.

De la paille, de la sciure et de la tourbe employées comme litière pour les chevaux, et de la valeur comme engrais des fumiers obtenus (en commun avec M. Lavalard), *Bulletin de la Société nationale d'Agriculture*, t. XLIII, p. 549.

Sur le rôle des engrais verts comme fumure azotée, *Comptes rendus*, t. XC, p. 972.

Études sur les gadoues de la Ville de Paris (en commun avec M. Ant.-Ch. Girard), *Bulletin du Ministère de l'Agriculture*, t. VI, p. 189.

Sur la valeur des débris animaux comme fumure azotée (en commun

avec M. Ant.-Ch. Girard), *Comptes rendus*, t. CXII, p. 1458, et *Annales agronomiques*, t. XVII, p. 289.

Recherches sur les déperditions d'azote dans les fumiers (en commun avec M. Ant.-Ch. Girard), *Comptes rendus*, t. CXV, p. 1318, et t. CXVI, p. 108; *Annales agronomiques*, t. XIX, p. 5; *Bulletin du Ministère de l'Agriculture*, t. II, p. 860.

Sur le traitement du Mildew par le sulfate de cuivre, *Comptes rendus*, t. CI, p. 895.

Recherches sur l'effeuillage de la vigne et la maturation des raisins, *ibid.*, t. CXIV, p. 43; *Bulletin du Ministère de l'Agriculture*, t. II, p. 173; *Annales agronomiques*, t. XVII, p. 529.

Recherches sur les exigences de la vigne, *Comptes rendus*, t. CXIV, p. 1501; *Annales agronomiques*, t. XVIII, p. 145; *Bulletin du Ministère de l'Agriculture*, t. II, p. 284.

Recherches sur le vignoble champenois, *ibid.*, t. XII, p. 170.

Sur l'emploi des feuilles de la vigne pour l'alimentation du bétail, *Comptes rendus*, t. CXII, p. 1314, et *Annales agronomiques*, t. XIX, p. 338.

Sur l'utilisation des marcs de vendange, *Comptes rendus*, t. CXVI, p. 1472, et *Annales agronomiques*, t. XIX, p. 353.

Sur les exigences de la vigne en principes fertilisants, *Annales de la Société centrale d'Agriculture de l'Hérault*, 1893.

Études sur le sol et les eaux.

Recherches sur la nitrification par les ferments organisés (en commun avec M. Schlœsing). — Premier Mémoire : *Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 301. — Deuxième Mémoire : *ibid.*, t. LXXXV, p. 1018. — Troisième Mémoire : *ibid.*, t. LXXXVI, p. 892. — Quatrième Mémoire : *ibid.*, t. LXXXIX, p. 894. — Cinquième Mémoire : *ibid.*, t. LXXXIX, p. 1074.

Sur la formation des terres nitrées dans les régions tropicales (en

commun avec M. Marcano), *ibid.*, t. CI, p. 65, et *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. X, p. 550.

Sur l'oxydation de l'iode dans la nitrification naturelle, *Comptes rendus*, t. C, p. 1136.

Sur quelques faits d'oxydation et de réduction produits par les organismes microscopiques du sol, *ibid.*, t. CI, p. 248.

Recherches sur la formation des gisements de nitrate de soude, *ibid.*, t. CI, p. 1265, et *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XI, p. 3.

Sur la dissémination du ferment nitrique et sur son rôle dans la désagrégation des roches, *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XI, p. 131.

Analyse de l'eau du Nil, *Comptes rendus*, t. CVII, p. 238.

Sur les propriétés fertilisantes des eaux du Nil, *ibid.*, t. CVIII, p. 522.

Sur les eaux noires des régions équatoriales (en commun avec M. Marcano), *ibid.*, t. CVII, p. 908.

Sur la formation des terres nitrées, *ibid.*, t. CVIII, p. 900.

Sur la décomposition des engrais organiques dans le sol, *ibid.*, t. CX, p. 1206.

Sur la décomposition des roches et la formation de la terre arable, *ibid.*, t. CX, p. 1370.

Sur la formation des nitrates dans la terre, *ibid.*, t. CXII, p. 1142.

La fermentation ammoniacale de la terre (en commun avec M. Coudon), *ibid.*, t. CXVI, p. 395, et *Annales agronomiques*, t. XIX, p. 209.

Études sur la végétation.

Sur la germination des graines oléagineuses, *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXII, p. 472.

Sur la matière sucrée contenue dans les champignons, *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 649.

Sur la matière sucrée contenue dans les champignons inférieurs, *Comptes rendus*, t. LXXIX, p. 1182.

Recherches sur les fonctions des champignons, *ibid.*, t. LXXX, p. 178, et *Annales de Chimie et de Physique*, 5ᵉ série, t. VIII, p. 56.

Recherches sur les ferments chimiques et physiologiques, *Comptes rendus*, t. LXXX, p. 1250, et *Annales de Chimie et de Physique*, 5ᵉ série, t. V, p. 428.

Recherches sur la fermentation intracellulaire des végétaux, *Comptes rendus*, t. LXXXVI, p. 49, et *Annales de Chimie et de Physique*, 5ᵉ série, t. XIII, p. 543.

Sur la maturation de la graine de seigle, *Comptes rendus*, t. LXXXVII, p. 679.

Recherches chimiques sur la maturation des grains, *Annales de la Science agronomique*, t. I, p. 8.

Recherches chimiques sur la maturation des graines oléagineuses, *ibid.*, t. I, p. 445.

Composition de la banane; essais d'utilisation de ce fruit (en commun avec M. Marcano), *Comptes rendus*, t. LXXXVIII, p. 156, et *Annales de Chimie et de Physique*, 5ᵉ série, t. XVII, p. 568.

Fixation du tannin par les tissus végétaux, *Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 955.

Sur la galactine, *ibid.*, t. LXXXIV, p. 453, et *Annales de Chimie et de Physique*, 5ᵉ série, t. XXVI, p. 121.

Sur la perséite (en commun avec M. Marcano), *Comptes rendus*, t. XCIX, p. 38, et *Annales de Chimie et de Physique*, 6ᵉ série, t. III, p. 279.

Sur l'existence des éléments du sucre de lait dans les plantes, *Comptes rendus*, t. CII, p. 624.

Sur les éléments du sucre de lait dans les plantes, *ibid.*, t. CII, p. 624 et 681, et *Annales de Chimie et de Physique*, 6ᵉ série, t. X, p. 566.

Sur lo rôle de l'ammoniaquo dans la nutrition des végétaux supérieurs, *Comptes rendus*, t. CIX, p. 646.

Études sur l'atmosphère et la physique du globe.

Sur la présence de l'alcool dans le sol, dans les eaux, dans l'atmosphère, *Comptes rendus*, t. XCII, p. 499.

Sur le dosage de l'acide carbonique dans l'air (en commun avec M. Aubin), *ibid.*, t. XCII, p. 247.

Sur la proportion d'acide carbonique contenu dans l'air (en commun avec M. Aubin), *ibid.*, t. XCII, p. 129; *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVI, p. 222.

Sur les proportions d'acide carbonique dans les hautes régions de l'atmosphère (en commun avec M. Aubin), *Comptes rendus*, t. XCIII, p. 797.

Sur le dosage de l'acide carbonique de l'air du cap Horn (en commun avec M. Aubin), *ibid.*, t. XCIV, p. 165.

Détermination de l'acide carbonique de l'air dans les stations d'observation du passage de Vénus (en commun avec M. Aubin), *ibid.*, t. XCVI, p. 1793; *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXX, p. 238.

Détermination de l'acide carbonique à la station du cap Horn (en commun avec M. Aubin), *Comptes rendus*, t. XCVIII, p. 487.

Sur les gaz carbonés combustibles existant dans l'air atmosphérique (en commun avec M. Aubin), *ibid.*, t. XCIX, p. 871.

Sur la distribution de l'ammoniaque dans l'air et dans les météores aqueux aux grandes altitudes (en commun avec M. Aubin), *ibid.*, t. XCV, p. 788.

Sur la nitrification atmosphérique (en commun avec M. Aubin), *ibid.*, t. XCV, p. 919.

Sur les origines de l'azote combiné existant à la surface de la Terre (en commun avec M. Aubin), *ibid.*, t. XCVII, p. 240.

Rapport sur des recherches de Chimie appliquée à la Science agri-

cole et à la Météorologie, exécutées au pic du Midi (en commun avec M. Aubin), *Annales de l'Institut agronomique*, t. VII, supplément.

Analyse de l'air du cap Horn (en commun avec M. Aubin), *Comptes rendus*, t. CII, p. 421.

Sur les proportions de nitrates contenus dans les pluies des régions tropicales (en commun avec M. Marcano), *ibid.*, t. CVIII, p. 1062.

L'ammoniaque dans l'atmosphère et les pluies des régions tropicales (en commun avec M. Marcano), *ibid.*, t. CXIII, p. 779.

L'ammoniaque dans les eaux de pluie et dans l'atmosphère, *ibid.*, t. CXIV, p. 184.

Sur la répartition du sel marin suivant les altitudes, *ibid.*, t. CXII, p. 447.

De l'enrichissement du sang en hémoglobine suivant les conditions d'existence, *ibid.*, t. CXII, p. 298.

Recherches diverses.

Sur la composition de la peau, sur les modifications que le tannage lui fait subir et sur la fermentation du tannin dans les fosses, *Comptes rendus*, t. LXIX, p. 1309; *Annales de Chimie et de Physique*, 4[e] série, t. XX, p. 309.

Mémoire sur le dosage du tannin (en commun avec M. Ramspacher), *Comptes rendus*, t. LXXIX, p. 380; *Annales de Chimie et de Physique*, 5[e] série, t. VI, p. 86.

Sur la matière colorante des bitumes naturels (en commun avec M. Le Bel), *Bulletin de la Société chimique*, t. XVII, p. 156 et 193.

Propriétés et composition d'un tissu cellulaire répandu dans l'organisme des Vertébrés, *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 1024.

Sur la production d'huiles sulfurées douées de propriétés insecticides (en commun avec M. de la Loyère), *ibid.*, t. LXXXVI, p. 1185 et 1495.

Recherches sur la mannite au point de vue de ses propriétés

optiques (en commun avec M. Aubin), *ibid.*, t. LXXXIII, p. 1213, et t. LXXXIV, p. 34 et 126; *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. X, p. 553.

Transformation du sucre de canne dans les sucres bruts et dans la canne à sucre, *Comptes rendus*, t. LXXXII, p. 210.

Sur les sucres réducteurs des sucres bruts, *ibid.*, t. LXXXII, p. 517.

Influence de certains sels et de la chaux sur les observations saccharimétriques, *ibid.*, t. LXXXII, p. 113.

Publications diverses.

Méthodes d'analyse appliquées aux substances agricoles, 1 vol. de 594 pages; Dunod, 1888.

Méthodes à suivre pour l'analyse des matières fertilisantes. Rapport fait au Comité des Stations agronomiques, *Bulletin du Ministère de l'Agriculture*, t. VI, p. 189.

Méthodes d'analyse des terres. Rapport fait au Comité des Stations agronomiques, *ibid.*, t. X, p. 783 et 848.

Les engrais (en commun avec M. Ant.-Ch. Girard), 3 vol.: Firmin-Didot, 1888-1889-1891 :

Tome I. — Alimentation des plantes. Fumiers. Engrais des villes. Engrais végétaux.
Tome II. — Engrais azotés. Engrais phosphatés.
Tome III. — Engrais potassiques. Engrais calcaires. Engrais divers. Engrais composés. Achat, Transport, Contrôle et Expérimentation des engrais.

INTRODUCTION.

Élève de Boussingault, que j'ai assisté dans tous ses travaux pendant plus de dix ans et à qui j'ai succédé dans son enseignement à l'Institut agronomique, j'ai conservé ses traditions en appliquant à l'exploitation agricole les données que peuvent fournir la Physiologie animale et végétale, la Chimie, la Physique du globe.

Ne me bornant pas aux études de laboratoire, j'ai transformé des exploitations agricoles importantes en vastes champs d'expérience, afin de poursuivre mes investigations dans les conditions de la pratique.

Dans mes études sur la production des fumiers et sur l'engraissement des animaux, j'ai opéré sur des étables garnies d'un nombreux bétail; mes travaux sur l'alimentation ont été exécutés sur des régiments entiers de cavalerie et sur des milliers de chevaux appartenant aux grandes Compagnies de transport.

Dans mes études sur la Viticulture, faites dans les diverses régions de la France, j'ai expérimenté sur des propriétés considérables, dont quelques-unes de plusieurs centaines d'hectares, m'occupant d'ailleurs moi-même de la reconstitution et de l'exploitation de vignobles d'une certaine étendue.

Mes recherches sur l'utilisation des marcs de vendange pour l'extraction du vin et de l'alcool et pour l'alimentation ont été opérées sur

des récoltes de plusieurs milliers d'hectolitres et sur des troupeaux importants.

En un mot, j'ai toujours considéré l'expérimentation dans la grande culture comme le complément indispensable des données fournies par les méthodes précises de la Science pure.

J'ai touché à beaucoup de points intéressant l'agriculture, soit dans ses applications directes, soit dans les phénomènes généraux qui interviennent dans la production des récoltes et du bétail. En cela, j'ai suivi l'exemple de Boussingault qui, dans sa longue carrière scientifique, a porté ses investigations sur les questions si variées dont il regardait l'ensemble comme constituant la Science de l'Économie rurale.

L'Académie a récompensé quelques-uns de mes travaux; elle en a encouragé d'autres en prenant à sa charge les frais qu'ils comportaient.

J'ai été présenté en seconde ligne, par la Section d'Économie rurale, en 1884, en 1887, en 1888, en 1891.

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. A. MÜNTZ.

ÉCONOMIE RURALE.

La préparation des animaux de boucherie.

L'engraissement des animaux destinés à la boucherie est une des spéculations agricoles les plus importantes. Les animaux livrés à la boucherie le sont fréquemment sans préparation préalable, comme c'est surtout le cas dans les années de disette de fourrage; souvent l'engraissement n'est que relatif; il est rare qu'on abatte dans les campagnes et les petites villes les animaux soigneusement engraissés, c'est-à-dire fin-gras; ces derniers sont généralement dirigés sur les grandes villes, dont les consommateurs demandent une viande mieux préparée et de meilleure qualité.

Je me suis attaché à étudier l'influence de l'engraissement sur la qualité et la valeur nutritive de la viande, les conditions économiques de cette opération, la limite pratique à laquelle on doit l'arrêter.

Dans ce but, j'ai étudié pendant plusieurs années, aux abattoirs de Paris, les animaux poussés à l'engraissement intensif, tels que le sont ceux des concours, ainsi que les animaux ordinaires et les ani-

maux maigres. Au point de vue de la valeur nutritive de la chair, j'ai constaté que la matière musculaire reste en proportion sensiblement constante dans un même poids de viando nette et que la seule différence, sous ce rapport, réside dans l'infiltration, dans les tissus, de plus ou moins fortes quantités de graisse, les animaux maigres ayant, pour 100 de chair, environ 3 pour 100 de graisse, les animaux moyens environ 8 pour 100, les animaux fin-gras jusqu'à 30 pour 100.

Cette graisse ne s'ajoute pas purement et simplement aux tissus, elle se substitue à poids égal à de l'eau. La viande des animaux gras est donc en réalité plus nutritive que celle des animaux maigres, mais uniquement par la plus forte proportion de graisse qu'elle renferme.

Cette infiltration de graisse paraît donner à la viande des animaux gras des qualités de finesse et de sapidité qui en augmentent la valeur vénale.

Mais ce n'est pas seulement dans la chair que se produit l'augmentation de la graisse, les tissus adipeux s'en remplissent et prennent un développement considérable; en examinant les animaux aux différents stades de l'engraissement, j'ai constaté qu'à un certain moment l'augmentation du poids vif est presque exclusivement due à ces dépôts graisseux constituant le suif. C'est ce qu'on peut observer fréquemment chez les animaux primés dans les concours, dont l'engraissement, poussé jusqu'à ses dernières limites, constitue plutôt un tour de force qu'une spéculation avantageuse, puisqu'au delà d'une certaine limite l'augmentation de poids, péniblement obtenue par une nourriture exceptionnelle, ne donne en réalité que du suif dont le prix est peu élevé.

La proportion de graisse constituant la différence essentielle entre les animaux à divers degrés d'engraissement, j'ai étudié d'une manière spéciale la nature de cette graisse. J'ai constaté que celle des animaux maigres est plus consistante, c'est-à-dire que le point de fusion, d'abord plus élevé, va s'abaissant à mesure que l'engraissement devient plus intensif. Il en résulte que le suif des animaux maigres est bien supérieur à celui des animaux gras pour la fabrication des bougies, qui utilise spécialement les acides concrets et paye plus cher les suifs d'un point de fusion plus élevé.

Cette plus ou moins grande fluidité de la graisse a une importance considérable sur les qualités sapides de la viande; de nombreux essais m'ont fait reconnaître que la viande a d'autant plus de qualité que la graisse qui l'infiltre est plus fusible. J'ai pu mettre en évidence ce fait, d'une façon très frappante, par l'examen de la graisse qui entoure les côtelettes de mouton; le plus souvent cette graisse répugne et peu de personnes la mangent; mais, lorsque les animaux sont fin-gras, cette graisse plaît au palais et se mange facilement.

C'est la différence dans les points de fusion qui établit cette distinction, qu'on comprendra facilement en comparant un mets chaud, dont la graisse est fluide, à un mets froid, dont la graisse est figée.

La consistance de la graisse est donc un facteur des plus importants de la qualité des viandes de boucherie.

Conditions économiques de l'engraissement.

Ce qui précède montre que l'engraissement ne doit pas être poussé au delà d'une certaine limite. Une autre considération doit intervenir, c'est le prix de revient des animaux. Lorsque ceux-ci sont déjà à un certain degré d'engraissement, ils n'acceptent plus que des farines ou des grains, ce qui rend leur ration plus coûteuse. D'un autre côté, leur poids vif n'augmente plus aussi rapidement et ils atteignent une limite au delà de laquelle l'opération devient onéreuse.

J'ai établi des séries d'observations pour déterminer le degré d'engraissement auquel l'agriculteur doit s'arrêter. Opérant sur un troupeau de dix-sept moutons, qui ont été soumis à l'engraissement dans les conditions usuelles d'alimentation, j'ai obtenu les résultats suivants, pour le prix de la ration journalière :

	fr
Au début de la période d'engraissement...........	0,16
Au milieu..	0,27
A la fin...	0,43

Au début, les moutons se contentaient de regain de luzerne, de paille d'avoine, avec une faible quantité d'avoine en grains et de farine de seigle. Pour maintenir leur appétence, il a fallu graduellement

augmenter la proportion des grains et de la farine, ce qui a causé cette augmentation du prix de la ration.

D'un autre côté, j'ai constaté que l'augmentation de poids vif devenait de moins en moins rapide et n'était plus vers la fin que la moitié environ de ce qu'elle était au commencement. Aussi, chaque kilogramme de poids vif gagné dans la dernière période revenait-il à 4fr, alors que, dans les premières semaines, il se maintenait voisin de 1fr,25.

Il y a donc une limite au delà de laquelle l'engraissement devient une opération désastreuse, puisque la dépense n'est plus compensée par la plus-value des animaux. C'est avant d'atteindre cette limite que le producteur doit vendre son bétail; il peut la déterminer lui-même en pesant de temps en temps ses animaux et en comparant la plus-value au prix de la ration.

Dans le même ordre d'idées, j'ai comparé entre elles les diverses races de moutons au point de vue de la qualité de la viande, appréciée par la dégustation. Le mouton indigène, ordinairement appelé *Solognot*, a donné une chair bien plus savoureuse que celle des races dites *perfectionnées*, telles que les southdowns et les dishley, dont l'aptitude à l'engraissement est notablement plus grande.

Alimentation du cheval.

L'alimentation rationnelle du cheval, c'est-à-dire le moyen de subvenir aux besoins de son organisme et au travail qu'on en exige, doit être considérée à plusieurs points de vue. Il s'agit d'abord de maintenir l'animal en état de santé et d'en éviter l'usure rapide, tout en lui faisant produire le travail auquel il est destiné; il s'agit ensuite de lui donner une ration assez économique pour ne pas influer d'une manière excessive sur le prix de revient de ses services.

Si de pareilles études ne présentent qu'une importance secondaire pour des exploitations restreintes, il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit d'une nombreuse cavalerie, comme celle des grandes exploitations et plus encore celle de l'armée et des industries de transport, où le budget de l'alimentation des chevaux est très élevé. Là, les moindres

réductions sur le prix de la ration se traduisent par des économies importantes.

Jusque dans ces dernières années on a suivi, sans les discuter, des habitudes séculaires. Sous nos climats, l'avoine, le foin, la paille étaient donnés presque exclusivement. Cette alimentation, pour ainsi dire classique, excellente en elle-même, ne s'est pourtant pas toujours trouvée remplir les conditions économiques qui permettent de tirer des bénéfices de l'utilisation du cheval. Aussi des essais de substitution par des aliments d'un prix moins élevé ont-ils été tentés plus récemment. Mais on s'était peu occupé d'établir les conditions précises de ces substitutions et, en général, de distribuer la ration suivant des principes reposant sur la connaissance des besoins du cheval, suivant sa nature et le travail qui lui est demandé.

J'ai pu aborder ces études et les poursuivre pendant plus de quinze ans sur une nombreuse cavalerie, mise à ma disposition par la Compagnie des Omnibus de Paris, ainsi que sur la cavalerie de l'armée, que l'Administration de la Guerre désirait faire bénéficier des progrès réalisés dans la voie de l'alimentation rationnelle.

Comme membre du Comité scientifique des Remontes au Ministère de la Guerre, j'ai contribué depuis 1887 à l'étude des questions délicates et complexes soulevées au sujet de l'entretien des chevaux, dans les conditions normales de casernement et de travail, ainsi que dans les conditions anormales de grandes manœuvres et de campagne. Ces derniers travaux, faits à la demande du Ministère de la Guerre, n'ont pas pu être publiés.

Quant aux études faites sur les chevaux de la Compagnie des Omnibus, je résume les principaux résultats auxquels elles m'ont conduit.

J'ai commencé par une étude plus approfondie des différents aliments susceptibles d'être donnés au cheval, en attachant une importance particulière aux substances mal définies et dont le rôle alimentaire était peu connu. C'est surtout dans le foin que j'ai pu différencier des éléments importants, tels que les corps cellulosiques, les matières pectiques, etc., et d'autres substances qu'on avait l'habitude d'envisager en bloc, sans savoir quelle était leur réelle valeur nutritive.

Fixé sur la richesse des grains, des foins et des fourrages de toutes

sortes, je me suis demandé quelle était la proportion dans laquelle chaque aliment était réellement utilisé par le cheval. C'est dans ce but que j'ai institué une longue série de recherches pour déterminer la digestibilité de chacun des principes alimentaires dans les différents fourrages. C'est, en effet, la partie digérée seule qui entre en circulation dans le corps du cheval et qui lui permet de remplir ses fonctions dans le repos et dans le travail. Il ne suffit pas, en effet, qu'un fourrage donne à l'analyse un taux élevé de matières dites alimentaires, il faut encore que ces matières soient susceptibles d'être digérées. L'analyse par l'organisme animal doit primer celle par les procédés chimiques. C'est par des expériences directes sur des animaux que j'ai pu établir la comparaison entre les grains, avoine, orge, maïs, seigle, sarrasin, féverole, etc., les sons et les tourteaux, les différents fourrages, foin de prairies naturelles, foin de luzerne, regains, pailles de céréales, etc., et que j'ai fixé la proportion des diverses substances, matières azotées, graisses, matières hydrocarbonées qui sont réellement utilisées par le cheval.

Partant de ces données, j'ai étudié les chevaux au repos, ou effectuant leur travail normal, en me servant de la balance qui permet de suivre les effets de l'alimentation sur la santé et sur l'état des animaux, dont le poids est rapidement influencé par la nature de la ration.

Le premier résultat a été de fixer la ration d'entretien, c'est-à-dire celle qu'on doit donner au cheval alors qu'il est en stabulation, sans effectuer de travail. J'ai vu que, lorsque cette ration est trop élevée, comme c'était le cas dans les écuries des Omnibus, ces chevaux, nourris d'une façon excessive, succombaient souvent à des attaques d'apoplexie; en diminuant la ration d'entretien dans des proportions telles que le cheval se maintînt au même poids, j'ai fait réaliser une économie notable, qui non seulement était sans préjudice pour le cheval, mais, bien plus, en diminuait la mortalité.

Cette première constatation étant faite, j'ai recherché quel supplément de nourriture il fallait donner au cheval pour le travail qui lui était demandé. En opérant sur la cavalerie qui desservait une même ligne (les tramways du Louvre à Vincennes) et qui, par suite, effectuait un travail sensiblement constant, mesuré par la longueur de la

ligne et l'effort de traction au dynamomètre, j'ai établi que, pour maintenir les chevaux dans le même état satisfaisant, le supplément de nourriture à leur donner représentait les $\frac{5}{12}$ de la ration totale de travail, $\frac{7}{12}$ constituant la ration d'entretien.

Me servant ensuite des données obtenues sur la valeur alimentaire réelle des fourrages, établie d'après la proportion de matière digérée par le cheval, j'ai abordé l'étude des substitutions des aliments les uns par les autres à égalité de valeur nutritive, ces recherches ayant pour but principal d'arriver à des économies.

Comme la plupart des animaux, les chevaux peuvent se nourrir de denrées autres que celles qui leur sont généralement données en France; dans les pays d'Orient, par exemple, c'est l'orge qui fait la base de la nourriture du cheval; en Espagne et en Italie, le maïs et les caroubes entrent fréquemment dans la ration. Les études que j'ai poursuivies pendant plusieurs années et sur une cavalerie de près de 15000 chevaux, en substituant des fourrages les uns aux autres, suivant des principes rationnels, ont montré que les substitutions, pratiquées avec discernement, pouvaient se faire sans préjudice pour la santé du cheval, pour sa durée et pour le travail qu'on lui demandait. Les cours du marché doivent guider dans le choix des denrées auxquelles il faut s'adresser pour rendre la ration plus économique.

Les données ainsi obtenues, jointes à celles d'autres expérimentateurs, ont servi de base aux applications qui se font actuellement sur une vaste échelle dans toutes les grandes industries de transport, qui commencent à s'introduire dans l'armée et même dans les exploitations rurales.

Étude des matières fourragères.

J'ai étudié la plupart des denrées pouvant entrer dans la ration du cheval, mais plus particulièrement le foin de prairie et l'avoine, qui font la base de son alimentation.

Lorsque les grandes exploitations font leurs approvisionnements de foin, elles font procéder à son examen par un spécialiste, qui se guide d'après l'odeur, la finesse des tiges, la couleur, l'aspect général, sans tenir grand compte des espèces botaniques et encore moins de la

composition chimique. J'ai voulu savoir si ce mode d'appréciation pratique était confirmé par la détermination de la valeur alimentaire réelle. Dans ce but, j'ai demandé à un praticien possédant une longue expérience et qui est chargé spécialement de l'achat et de la surveillance des fourrages à la Compagnie des Omnibus, de classer suivant son opinion une série de lots de foin, de diverses provenances et présentant des aspects très différents. Cette classification étant établie, j'ai recherché si l'analyse chimique lui donnait raison; j'ai constaté qu'il n'en était rien et qu'il existait de grandes différences entre ces deux modes d'appréciation. Pour trancher le différend soulevé entre une méthode pratique et une méthode scientifique, j'ai eu recours à l'expérimentation directe et j'ai nourri avec ces divers foins, donnés en quantités égales, des séries de chevaux de même poids et placés dans des conditions identiques. L'augmentation ou la diminution du poids du cheval étant le criterium de la valeur nutritive d'un fourrage, c'est à la pesée que j'ai eu recours pour voir quels étaient les mieux nourris. Ce procédé de recherches a donné raison à l'analyse chimique contre l'appréciation empirique, et ce sont les foins dans lesquels les matières azotées, les matières grasses et les matières hydrocarbonées de facile digestion étaient en proportion plus élevée qui ont donné les meilleurs résultats, alors même que ces foins présentaient les apparences d'une qualité inférieure.

En déterminant, dans le cours de ces expériences, la digestibilité des différents éléments de ces foins, j'ai trouvé une confirmation de la supériorité des méthodes précises sur les évaluations arbitraires.

Les avoines sont généralement aussi appréciées par des qualités extérieures; leur densité apparente, c'est-à-dire le poids de l'hectolitre, est regardée comme donnant leur valeur relative, et ce sont les plus lourdes qui sont les plus appréciées. Là encore, j'ai été amené à chercher s'il existait une corrélation entre le poids à l'hectolitre et la valeur nutritive. Des avoines très différentes ont été étudiées au point de vue de leur composition et de leur utilisation par le cheval. J'ai constaté que la densité n'était pas un moyen d'appréciation certain. En effet, elle est modifiée par l'écartement des glumes, le degré hygroscopique, conditions dont on comprendrait difficilement l'influence sur leurs propriétés alimentaires. Examinant le grain d'avoine de plus

près, j'ai vu que la valeur nutritive réside presque exclusivement dans le grain proprement dit, qu'on peut séparer des enveloppes, ou glumes, qui ne sont pas sensiblement supérieures aux pailles des céréales. J'ai été conduit, par cette étude, à généraliser un mode d'appréciation pratique, qui consiste à déterminer dans un poids connu d'avoine la proportion réelle de grains proprement dits ou amandes, proportion extrêmement variable d'une avoine à l'autre. La partie pailleuse et inerte est comprise entre 20 et 40 pour 100. Plus cette dernière est abondante, plus faible est la valeur alimentaire de l'avoine. La séparation à la main de ces deux parties constituantes du grain est une opération des plus faciles, qui ne doit jamais être négligée lorsqu'on fait un achat d'avoine.

D'autres problèmes de cette nature ont été posés, notamment par l'administration de la Guerre; il s'agissait de savoir si les avoines françaises ont, suivant une opinion très répandue, une qualité supérieure à celle des avoines étrangères affluant sur nos marchés, et si ces dernières doivent être systématiquement exclues. Dans une longue série de recherches, j'ai pu reconnaître que si beaucoup d'avoines étrangères, telles que celles d'Espagne, qui ont généralement des glumes dures et un grain peu développé; telles que celles du nord de la Russie, qui sont souvent incomplètement mûres et présentent des grains avortés; telles que celles de la Suède, qui sont fréquemment humides et d'une conservation difficile, sont médiocres, on ne peut pas cependant condamner en bloc toutes les avoines de provenance étrangère. Aussi bien que les avoines indigènes, elles doivent être soumises à un examen préalable avant d'être acceptées. En un mot, la question ne doit pas se poser entre les avoines indigènes et les avoines exotiques, mais entre les avoines de bonne qualité et les avoines de mauvaise qualité, quelle que soit d'ailleurs leur provenance.

Études sur l'ensilage des grains.

L'approvisionnement des grains alimentaires a été l'objet des préoccupations de l'administration de la Guerre et de celle des grandes Compagnies de transport. Deux manières d'emmagasiner et de conserver les grains sont en usage : l'une se pratique à l'air libre dans des

greniers, et l'autre dans de vastes réservoirs métalliques, auxquels on donne le nom de silos. Ce dernier mode est aujourd'hui préféré, quoiqu'il expose souvent à des mécomptes. Les recherches que j'ai entreprises dans ce sens ont eu pour but :

1° De déterminer les conditions pratiques dans lesquelles doivent se trouver les réservoirs qui servent à conserver les grains;

2° D'étudier les causes et la nature des altérations qui sont si fréquentes dans les silos;

3° De fixer sur les conditions économiques de l'emploi des silos, tant au point de vue de la main-d'œuvre qu'à celui des déperditions et de l'altération des grains.

J'ai continué ces études pendant trois ans sur les silos et les greniers de la Compagnie des Omnibus de Paris, en opérant sur l'avoine et sur le maïs.

J'ai constaté que, dans les greniers où des pelletages fréquents sont nécessaires et où l'air est constamment renouvelé, il y avait une perte notable de matériaux alimentaires, tant par les poussières farineuses emportées par l'air que par une véritable combustion ou respiration qui élimine, à l'état d'acide carbonique, une partie des matières carbonées.

Dans les silos, les parties fines ne sont point enlevées et l'air confiné ne favorise pas les pertes par combustion. Il y a donc là un avantage marqué. En outre, l'emploi des silos permet d'emmagasiner, sur une surface donnée, une quantité de grains considérable, qui s'augmente encore par le fait du tassement, enfin on économise la main-d'œuvre des pelletages dans les tas de grains placés sur le sol des greniers.

Mais, dans les silos, on voit souvent, par places, les grains profondément altérés, soit par le fait de la germination, soit par celui des moisissures. Les grains ainsi germés ou pourris deviennent impropres à la consommation.

En suivant les phénomènes qui se passent dans ces masses énormes de grains isolés de l'air ambiant, j'ai constaté les faits suivants :

1° L'atmosphère du silo se modifie rapidement; l'oxygène disparaît et se trouve remplacé par de l'acide carbonique. La germination, si préjudiciable, ne s'opère qu'au voisinage des trappes par lesquelles

de l'air peut s'introduire. Une fermeture hermétique évite entièrement cet inconvénient.

2° L'humidité propre au grain distille et se condense vers les parties les plus exposées au froid; là se forment des foyers de pourriture qui s'étendent souvent fort loin dans la masse. Cette distillation vers les parties froides est d'autant plus active que le grain s'échauffe dans le silo par l'absorption de l'oxygène pendant les premiers temps de l'ensilage. On peut éviter cette cause d'altération, en établissant les silos de telle sorte qu'aucune partie ne soit exposée aux refroidissements, en appuyant les parois latérales à des murs épais destinés à soutenir les silos, en recouvrant les parties supérieures de foin ou de paille, et en disposant la partie inférieure, destinée à l'écoulement des grains, dans des sous-sols peu exposés aux changements de température.

On se met ainsi à l'abri de la concentration d'humidité en certains points.

3° L'humidité du grain étant la source première d'altération, il convient de n'ensiler que des denrées ayant séjourné quelque temps dans les greniers aérés, et d'opérer le remplissage par un temps sec.

Les grains ensilés sont d'ailleurs acceptés facilement par les animaux, surtout à cause de l'odeur vineuse que lui donne un commencement de fermentation alcoolique.

L'usage des grands silos métalliques est aujourd'hui très répandu, et il a été tenu compte dans leur construction des observations que j'ai résumées plus haut.

Les fumiers d'étable.

Les plus grands progrès de l'agriculture moderne sont dus à l'application judicieuse des matières fertilisantes. Les engrais de la ferme jouent encore le principal rôle dans la fumure des terres, et c'est à juste titre, puisque l'agriculteur n'a pas de déboursés à faire pour se les procurer, et qu'ils entretiennent dans le sol la réserve d'humus qui est un des éléments essentiels à la fertilité. Mais le cultivateur ne sait pas toujours conserver son fumier; il en laisse perdre les éléments principaux et n'en tire pas tout le parti qu'il pourrait en espérer.

La principale valeur fertilisante du fumier consiste dans l'azote; on sait depuis longtemps que, pendant la conservation en tas, de l'ammoniaque se dégage. Mais l'attention ne s'était pas portée sur les pertes autrement grandes qui se produisent à l'étable même, sous les pieds des animaux, et qui sont la véritable cause de l'appauvrissement des fumiers.

Les expériences que j'ai entreprises à ce sujet et poursuivies pendant plusieurs années sur une écurie de 16 chevaux, une vacherie de 10 bêtes, et une bergerie de 25 moutons, dans les conditions normales d'alimentation, de distribution des litières et d'enlèvement des fumiers, ont montré l'importance moyenne des pertes à l'étable qui a été :

Pour les chevaux....	de 28,7	pour 100 de l'azote apporté par les fourrages;
» vaches.....	de 31,9	»
» moutons...	de 50,2	»

Ces déperditions si considérables, et qui causent à l'agriculture un préjudice énorme, sont attribuables à une fermentation ammoniacale très active, se produisant sous les pieds des animaux.

Mes expériences montrent que c'est bien moins dans le tas de fumier que sur la litière étalée sous les animaux que s'effectuent les pertes. Celles-ci sont plus grandes en été qu'en hiver; avec une litière restreinte qu'avec une litière abondante; avec l'alimentation au foin qu'avec l'alimentation aux fourrages verts.

Ces constatations étant faites, j'ai cherché quels sont les moyens pratiques d'atténuer ces pertes, et mes essais ont surtout porté sur la nature de la litière, celle-ci devant principalement être considérée au point de vue des propriétés absorbantes vis-à-vis de l'ammoniaque.

Une litière de terre a été expérimentée en premier lieu; l'agriculteur en a toujours à sa disposition et ses propriétés absorbantes sont bien connues. En remplaçant, dans la bergerie, la litière de paille par de la terre sèche, qui procure aux animaux un très bon coucher, j'ai pu constater que la perte d'azote était réduite de moitié. Plus les terres sont riches en matières humiques, comme les terres de bois ou de landes, plus la fixation de l'ammoniaque est abondante.

Mais la terre, devant être employée en forte proportion, nécessite

des charrois supplémentaires, que l'agriculteur doit faire entrer en ligne de compte dans ses calculs.

J'ai également comparé aux litières de paille usuelles les litières de tourbe, dont l'emploi est aujourd'hui entré dans la pratique, de sciure de bois, que l'agriculteur peut souvent se procurer à un prix minime, et j'ai constaté que ces produits retenaient également l'ammoniaque en forte proportion et donnaient ainsi des fumiers plus riches.

L'étude des fumures faites comparativement avec des fumiers de paille, de tourbe et de sciure a montré qu'on pouvait atténuer la déperdition d'ammoniaque et réaliser en même temps une économie importante, sans préjudice pour la santé des animaux, en substituant, aux pailles de céréales, les succédanés des litières usuelles.

Mais pendant plusieurs années les agriculteurs ont hésité à se servir des fumiers obtenus avec les litières de tourbe ou de sciure et, pour amener chez eux la conviction, j'ai dû faire des expériences culturales, en comparant entre eux les fumiers obtenus avec les diverses litières. Dans ce but, j'ai institué des expériences à la ferme nationale de Vincennes, en opérant sur diverses cultures, et j'ai constaté que les effets des fumiers de tourbe et de sciure de bois sont aussi satisfaisants que ceux des fumiers de paille, non seulement la première année de leur application, mais encore l'année suivante.

Aujourd'hui, les agriculteurs sont habitués à l'usage des fumiers de tourbe et de sciure que leur fournissent souvent les grandes industries de transport. Beaucoup d'entre eux emploient dans leur exploitation ces litières, avantageuses souvent au point de vue de l'économie et toujours à celui de la fixation de l'ammoniaque.

Il y a longtemps déjà, divers agronomes, dans le but d'empêcher la déperdition de l'azote, avaient conseillé de répandre, sous les pieds des animaux, des substances chimiques, telles que le sulfate de fer, le plâtre, le kaïnite, etc. A la suite de nombreuses expériences, j'ai été amené à condamner cette pratique, ayant observé que l'effet de ces sels comme fixateurs d'ammoniaque est annulé par l'alcalinité des fumiers et que, pour avoir une certaine efficacité, ils devraient être mis en quantités telles que la dépense ne serait plus en rapport avec les résultats obtenus.

M. Dehérain avait déjà reproché à ces produits d'entraver la formation des matières humiques dans le tas de fumier.

La manière dont se comporte la terre vis-à-vis du fumier m'a conduit à donner la théorie du parcage, pratique dont les bons effets étaient connus, mais incomplètement expliqués.

Le parcage consiste urdinairement à laisser les moutons, pendant la journée, sur une terre qu'ils doivent enrichir par le fumier qu'ils y déposent au lieu de le déposer dans la bergerie. A première vue, il semblait qu'il fût plus simple de porter au sol le fumier de l'étable que de s'astreindre à des frais de garde pour faire séjourner les moutons sur le champ qu'on veut fumer. Ce que j'ai dit plus haut sur la perte énorme d'azote à l'étable et sur les propriétés absorbantes de la terre justifie et explique la pratique du parcage, par laquelle les pertes sont en grande partie évitées et qui permet ainsi de fumer plus abondamment une même surface de terre avec un même nombre d'animaux.

Les gadoues, les boues et les fumiers de villes.

Mon attention a été appelée par l'Administration de la Ville de Paris sur une question qui intéresse l'agriculture autant que la voirie et qui n'avait pas fait l'objet d'études approfondies.

Les balayures des rues, les ordures ménagères, les débris des marchés forment dans les villes des masses considérables. A Paris, la production journalière est évaluée à 2000me. Les principes fertilisants contenus dans ces produits doivent faire retour à la terre; les villes concentrent, pour l'alimentation de l'homme et des animaux, d'énormes quantités de principes fertilisants, surtout de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse, qui ont été enlevés au sol et qu'on doit chercher à lui restituer dans la mesure du possible. Mais des considérations de frais de transport et de manutention interviennent dans l'utilisation de ces matières volumineuses, et l'agriculteur a besoin de savoir si les frais qu'il supporte de ce chef ne dépassent pas la valeur réelle de cet engrais rendu à pied d'œuvre. J'ai déterminé la composition moyenne des divers produits récoltés journellement à Paris, tels qu'ils sont enlevés par les tombereaux et

qui portent le nom de *gadoues vertes*, ainsi que celle des mêmes produits après un séjour en tas, quelquefois très prolongé par suite du manque de débit, et qui portent alors le nom de *gadoues noires*. Des quantités énormes de matières inertes se trouvent dans ces résidus; mais les matières animales et végétales qu'ils contiennent leur assignent une valeur peu inférieure à celle du fumier de ferme, qu'ils peuvent remplacer pour la fertilisation des terres, sans cependant apporter autant d'humus.

Outre ces résidus de la vie humaine, les villes fournissent de grandes quantités de fumier, principalement de fumier de cheval, produit par les écuries privées et par celles des industries de transport et des quartiers de cavalerie. L'agriculteur n'a intérêt à employer ces produits que s'ils lui sont cédés à un prix en rapport avec leur valeur, et si les frais de transport ne les grèvent pas outre mesure. Je me suis attaché à déterminer cette valeur en fonction des principes utiles contenus dans ces fumiers, dont la composition est assez constante à cause de la régularité du rationnement. Ces données sont destinées à guider l'agriculteur dans la discussion des prix d'achat; il y avait d'autant plus intérêt à les établir que la vente de ces fumiers se fait dans des conditions variables, tantôt au poids, tantôt au mètre cube ou à la charretée, très souvent à tant la journée de cheval. J'ai réuni des documents permettant à l'agriculteur de se guider dans ces divers cas, en montrant que l'achat au poids est le plus logique et le plus avantageux.

Engrais commerciaux.

Parmi les engrais chimiques les plus répandus, il faut compter les débris animaux, auxquels leur richesse en azote assigne une place importante dans un grand nombre de cultures. Le sang et la viande desséchés, les débris de cornes, de sabots, de laine, de cuir, les poudrettes, forment l'objet d'un commerce important. C'est leur richesse en azote qui servait presque exclusivement à établir leur valeur vénale, et l'agriculteur était souvent étonné du peu d'efficacité de certains d'entre eux. J'ai établi une série de recherches ayant pour but de fixer la valeur agricole de ces divers produits.

On sait que l'azote sous sa combinaison organique n'est pas susceptible de servir d'aliment aux plantes; une décomposition doit se produire qui le transforme en ammoniaque et en nitrate dont les végétaux se nourrissent. Ayant déterminé la rapidité de cette transformation dans les divers engrais organiques, j'ai pu établir la classification suivant leur valeur réelle. Pour vérifier cette classification, j'ai institué des expériences culturales, dont les résultats ont pleinement confirmé les indications des essais de laboratoire. J'ai ainsi constaté que certains engrais organiques, tels que le sang et la viande desséchés, la corne, étaient susceptibles de nitrifier très rapidement et donnaient, dès la première année de leur application à la terre, des récoltes comparables à celles du nitrate de soude et du sulfate d'ammoniaque, sels dont on connait l'effet presque immédiat. Les débris de laine, les poudrettes, ont eu une action beaucoup plus lente; enfin les débris de cuir, qu'on vend si souvent aux agriculteurs, se sont montrés presque inertes.

Dans l'achat de ces engrais organiques, l'agriculteur ne doit donc pas seulement se guider sur leur composition chimique, mais aussi sur leur aptitude à se transformer en produits assimilables.

Engrais verts.

Les engrais verts, c'est-à-dire les plantes fraichement coupées et enfouies ensuite par un labour, donnent souvent de bons résultats. C'est surtout dans les terres éloignées de la ferme ou d'un accès difficile que cette pratique doit être conseillée, car elle évite les frais de transport des fumiers; là, on a souvent intérêt à sacrifier une récolte pour nourrir la suivante. Les effets de cette fumure sont quelquefois surprenants; j'en ai cherché la cause et je l'ai trouvée dans la facilité avec laquelle les engrais verts se décomposent, et surtout dans la rapidité de la nitrification de leur azote. Ils constituent ainsi des engrais à action presque immédiate, comme le nitrate de soude. Ils ont sur ce sel l'avantage de laisser dans le sol une notable quantité d'humus. Des essais de fumure faits comparativement avec les autres engrais azotés ont nettement fait ressortir leur activité.

Ce n'est pas seulement dans les terres normales que cette activité se manifeste, mais même dans les terres fortes, dans lesquelles les autres engrais azotés montrent très peu d'efficacité. En effet, les engrais verts ameublissent suffisamment ces sols pour permettre la nitrification et, par suite, une meilleure nutrition azotée des végétaux.

L'emploi des engrais verts ne doit cependant pas être généralisé, car ils constituent une fumure coûteuse, puisqu'on sacrifie toute une récolte pour nourrir la récolte suivante. Lorsque, au lieu d'être enfouis pour servir d'engrais, les végétaux passent par le corps des animaux de la ferme, ils produisent de la viande, du lait, de la laine, et finalement du fumier qui retourne à la terre, et représentent alors une valeur en argent notablement supérieure à celle qu'ils ont comme fumure directe.

Influence des engrais salins sur la levée des graines.

Beaucoup d'agriculteurs ont pu observer que la levée des semences est incomplète et irrégulière lorsque des engrais chimiques, tels que le nitrate de soude ou le chlorure de potassium, sont répandus en même temps que les grains ou à une époque peu éloignée des semailles. Il semblerait donc qu'il y ait là une action nuisible, dont l'explication méritait d'être cherchée. A première vue, on pouvait penser que ces engrais salins seraient incapables de s'opposer à la germination, car la terre, même dans les temps secs, contient une proportion d'eau assez grande pour former, avec les sels ajoutés, des solutions d'une extrême dilution, ne pouvant être caustiques.

D'après les idées qui ont cours sur la diffusion des engrais solubles, on ne pouvait prévoir aucune action fâcheuse sur la levée des jeunes plantes. Pourtant, l'irrégularité de la germination, en présence d'engrais salins, était trop fréquente pour être attribuée à un hasard.

Cherchant l'explication de ces faits, j'ai été amené à étudier la diffusion de ces engrais dans la terre, et j'ai constaté que, lorsqu'on répand du nitrate de soude ou du chlorure de potassium, ces sels sont dissous rapidement par l'eau que retiennent les terres, même lorsqu'elles ont toutes les apparences de la sécheresse; mais, la dissolu-

tion ainsi produite, loin de se diffuser dans le sol, y forme des taches aux endroits où les cristaux sont tombés, taches qui vont s'agrandissant de jour en jour. Le phénomène est facile à mettre en évidence. La surface de la terre présente, en dehors des périodes pluvieuses, une couleur particulière qui caractérise son état relatif de siccité; dès que la pluie la mouille, cette teinte devient plus foncée. Les sels donnés comme engrais produisent, à l'endroit où ils tombent, l'apparence d'une goutte de pluie. Chaque cristal de sel absorbe immédiatement l'eau ambiante et forme une tache humide; après l'épandage de ces engrais, la terre a une apparence tigrée, chaque point où un cristal est tombé se détachant en couleur foncée sur le fond plus clair de la terre sèche.

En suivant de plus près le phénomène, j'ai constaté que le sol se trouvait ainsi divisé en deux parties nettement distinctes, l'une mouillée d'une solution saline concentrée, qui attire à elle, par la différence de tension de sa vapeur, l'eau de la terre avoisinante, l'autre restant sèche et se desséchant davantage par la distillation de son humidité vers la solution saline. Si, dans une pareille terre, des graines ont été semées, voici les faits qui se produisent : celles qui tombent dans les parties imprégnées d'une solution saline relativement concentrée arrivent bien à germer, mais la jeune plante est tuée ; celles, au contraire, qui tombent dans les parties rendues plus sèches, n'y trouvent pas l'humidité nécessaire pour germer; on comprend que, dans ce cas, la levée laisse beaucoup à désirer et que la récolte s'en ressente.

Il faut donc éviter soigneusement d'appliquer les engrais salins à une époque qui coïncide avec la levée des graines.

Ce n'est pas seulement dans les sols qui sont à l'état de siccité produit par quelques jours de sécheresse que ces effets sont à redouter; pour être moins apparents à l'œil, ils ne s'en produisent pas moins quand la terre est mouillée par les pluies. En suivant la diffusion des engrais salins dans la terre, après et même pendant les pluies, j'ai observé que leurs solutions restent concentrées aux points où les sels sont tombés et que la diffusion uniforme au sein de la terre ne se fait qu'au bout de quelques semaines.

La culture de la vigne et la production du vin.

Depuis plusieurs années, je me suis attaché à étudier les conditions d'exploitation de la vigne dans les principales régions viticoles, à rechercher l'influence des fumures sur la production des récoltes et sur la qualité des vins, à utiliser les sous-produits de la vigne, les feuilles, les marcs, les piquettes, pour l'alimentation de l'homme et celle des animaux de la ferme.

Ces études ayant pour but de résoudre des questions pratiques, je les ai exécutées dans de grandes exploitations viticoles et dans les conditions si multiples dans lesquelles la vigne se développe, conditions profondément modifiées d'ailleurs par la reconstitution des vignobles et par des circonstances d'ordre économique. J'ai suivi et dirigé l'exploitation de grandes propriétés, transformées en vastes champs d'expérience, en divisant le vignoble français en quatre groupes distincts :

1° Le Midi, qui fournit les énormes quantités de vins communs;

2° Le Sud-Ouest, qui comprend les crus renommés du Médoc;

3° Le Nord-Est, où les vins de Champagne tiennent le principal rang;

4° L'Est, avec les vins de Bourgogne et de Beaujolais.

Dans ces diverses régions, j'ai choisi des vignobles représentant les types les plus caractéristiques; voici l'énumération des divers domaines sur lesquels j'ai institué des expériences :

Dans le Midi :

Le domaine de Guilhermain (Hérault), type des vins de plaine; surface : 169^{ha} en plants greffés;

Le domaine de Candillargues (Hérault), type des vins de plaine; surface : 215^{ha} en plants greffés;

Le domaine de Labrouste (Hérault), type des vins de plaine, surface : 25^{ha} en plants greffés;

Le domaine de Verchant (Hérault), type des vins de demi-montagne, surface : 70^{ha} en plants greffés;

Le domaine de Saint-Georges d'Orgues (Hérault), type des bons vins de montagne; surface de la partie en expérience : 1^{ha} en plants greffés;

Le domaine de Bellevue (Gard), type des vins de la Costière, surface : 200^{ha} en plants greffés;
Le domaine de Saint-Laurent d'Aigouze (Gard), type des vignes soumises à la submersion, surface : 32^{ha} en plants français;
Le domaine de Jarras (Gard), type des vignes dans les sables, surface : 161^{ha} en plants français;
Le domaine du Mas Déous (Pyrénées-Orientales), représentant le type des vignobles situés à l'Aspre (coteaux), surface : 350^{ha} en plants greffés;
Le domaine de Saint-Eugénie (Pyrénées-Orientales), type des vignes soumises à l'irrigation, surface : 150^{ha} en plants greffés.

Pour déterminer la fumure à donner à la vigne pour maintenir sa fertilité dans ces conditions si variées, j'ai cherché ce que la végétation normale et la production du raisin absorbent de principes fertilisants. Les chiffres ainsi obtenus représentent le minimum des engrais à employer pour empêcher l'appauvrissement de la terre.

Prenant le poids des différents produits élaborés par le végétal et procédant à leur analyse, j'ai obtenu la somme des principes dits fertilisants enlevés au sol. Les sarments, les feuilles, le marc, le vin, les lies ont été mesurés et examinés à ce point de vue. Des nombreuses données numériques ainsi recueillies, j'ai pu tirer des conclusions pratiques sur l'application des engrais.

Les principaux résultats qui en découlent sont les suivants :

1° La somme des éléments fertilisants enlevés au sol n'est point proportionnelle à la quantité de vins produits; en effet, dans le domaine de Bellevue, par exemple, sur la Costière, une production moyenne de 75^{hlit} de vin à l'hectare a exigé :

	kg
Azote	43,8
Acide phosphorique	10,3
Potasse	50,7

tandis que, dans le domaine de Saint-Laurent d'Aigouze, soumis à la submersion, une production moyenne de 190^{hlit} de vin à l'hectare n'a exigé que

	kg
Azote	57,6
Acide phosphorique	17,8
Potasse	56,6

La terre n'est donc pas épuisée en proportion du vin produit.

2° C'est dans les feuilles que se trouve concentrée la majeure partie des divers éléments fertilisants; en donnant des engrais à la vigne, on développe principalement le système foliacé. Mais, les feuilles ayant la fonction d'élaborer les substances qui se concentrent dans le raisin, il faut les regarder, non comme des parasites, mais comme les producteurs réels du vin.

3° L'azote tient le premier rang, comme quantité, parmi les substances absorbées par la plante. Les fumures azotées sont donc les plus nécessaires. Les formules d'engrais sans azote, préconisées dans ces dernières années, doivent être rejetées comme ne tenant aucun compte des besoins de la vigne.

4° Quant à l'acide phosphorique, la vigne en demande moins que la plupart des autres cultures et il suffit de l'appliquer à petite dose.

5° La potasse n'est pas, comme on le croyait, l'élément dominant de la culture de la vigne; cependant, quand le sol n'en est pas suffisamment pourvu, les engrais potassiques deviennent nécessaires. Lorsqu'on dispose de fumiers de ferme et de gadoues, on apporte simultanément les différents principes utiles à la vigne et l'on maintient en outre la terre dans un bon état d'entretien. Les engrais chimiques, dont abusent certains viticulteurs, ne doivent intervenir que dans une mesure plus restreinte. Dans quelques-uns des vignobles en expérience, où la production a atteint le chiffre si élevé de 200^{hlit} à l'hectare, il a été inutile de les employer à haute dose.

Dans le Sud-Ouest, mes champs d'expériences comprennent les domaines suivants, pris dans les grands crus, dans les crus bourgeois et dans les vignes de palus : Château-Latour, Château-Brane-Cantenac, Château-d'Issan (grands crus); Château-Reysson, Château-Poujeane (crus bourgeois); Étoile de Brane-Cantenac, Valrose (palus).

Les études relatives à ces vignobles ne sont pas encore complètement terminées; celle que j'ai faite sur le domaine des Vergnes-Beaulieu, également dans la Gironde, pris comme type des vins de Sainte-Foy, et d'une contenance de 200^{ha} en plants français traités au sulfocarbonate de potasse, m'a montré que la vigne exige dans cette région des quantités de matières fertilisantes presque aussi élevées que dans le Midi, quoique la production du vin y soit beaucoup moindre; en effet, une récolte de 30^{hlit} à l'hectare est regardée

comme très satisfaisante, alors que dans le Midi elle serait dérisoire. Il faut donc fumer la vigne dans le Sud-Ouest autant que dans le Midi, et c'est un usage reconnu indispensable, même pour les crus les plus renommés, d'appliquer de fortes fumures d'étable ou des gadoues de la ville de Bordeaux.

Dans le Nord-Est, j'ai opéré sur quelques-uns des principaux terroirs de la Champagne, appartenant aux maisons veuve Clicquot et Moët et Chandon. Les champs d'expériences comprenaient les terroirs de Bouzy (28^{ha}), du Mesnil-sur-Oger (29^{ha}), de Verzenay (35^{ha}), d'Ay (104^{ha}), de Hautvillers (47^{ha}), de la côte d'Épernay (75^{ha}), de Cramant (82^{ha}).

La Champagne est placée dans des conditions particulières de sol et de climat, qui paraissent peu favorables au développement de la vigne. Aussi les rendements sont-ils généralement très faibles; mais les prix extraordinairement élevés assignent cependant à cette région viticole une grande prospérité. Les qualités de finesse et de bouquet des vins de la Champagne sont attribuées à la pauvreté du sol. La craie de Champagne constitue, en effet, une terre exceptionnellement ingrate. Comment la vigne peut-elle prospérer dans ce milieu? M. Risler avait déjà remarqué que ce n'est pas dans la craie proprement dite qu'on plante la vigne, mais dans des parties où se trouvent des terrains argilo-siliceux. En étudiant la culture des vignes de la Champagne, j'ai constaté que, loin de vivre dans un sol pauvre, elles se développent au sein d'une abondance exceptionnelle, dans un sol artificiel, constitué par des composts et des amendements, dont l'emploi remonte très loin et qui ont enrichi le sol à tel point qu'il ressemble à celui d'une véritable culture maraîchère. Les apports de masses énormes de fumiers, principalement de fumiers de chevaux provenant du camp de Châlons, consommés par leur mélange avec de la terre, forment la base d'une sorte de terreau très riche qu'on répand dans la vigne.

De mes observations découlent les faits suivants :

1° La vigne de la Champagne se développe dans un sol artificiel, recevant d'abondantes fumures; elle ne vit pas sur un sol pauvre, comme on le croit généralement;

2° La finesse et le bouquet des vins de Champagne ne sont pas dus

à l'aridité du sol, et l'abondance de la fumure ne leur est pas préjudiciable, puisque la supériorité de ces vins s'est affirmée et maintenue dans ces conditions exceptionnelles de culture. Les terres de la Champagne ne sont en réalité qu'un support dont la composition importe peu, puisqu'on constitue à leur surface un sol artificiel. Ce sont surtout les fumures qui apportent l'aliment, c'est le cépage, c'est l'exposition, ce sont les pratiques culturales qui, dans ce climat spécial, donnent aux vins de Champagne des qualités qui les distinguent entre tous ;

3° Quant aux exigences en principes fertilisants, malgré les faibles rendements que donnent les vignes (environ 20^{hlit} par hectare), elles sont presque aussi grandes que celles des vignobles du Midi, dont la récolte est souvent décuple. C'est une confirmation du fait déjà indiqué plus haut, de la concentration dans les feuilles de grandes masses de matières fertilisantes.

J'ai montré que, malgré l'apparence chétive des vignes de la Champagne, la proportion de feuilles qu'elles produisent par hectare n'est pas beaucoup inférieure à celle des cépages plantureux du Midi, ce qui s'explique assez par l'énorme différence du nombre de pieds qui, en Champagne, est ordinairement de 45000 par hectare, tandis que dans le Midi il n'est que de 4000.

En réalité, dans les climats moins chauds, il faut un développement végétatif beaucoup plus grand et une proportion d'éléments fertilisants beaucoup plus considérable pour donner un hectolitre de vin.

La qualité inférieure des vins produits par les vignes à gros rendements doit être attribuée plutôt aux actions naturelles, qui favorisent les productions élevées, qu'aux fumures abondantes qu'on regarde souvent comme ayant un rôle défavorable à la qualité des vins.

Les nombreuses données, recueillies dans l'ensemble de ce travail, fixent les viticulteurs sur les quantités d'éléments fertilisants dont la vigne a besoin pour la production normale des récoltes, dans les diverses conditions de la culture, et sont destinées à servir de base à l'application judicieuse des engrais.

L'effeuillage de la vigne et la maturation des raisins.

Une pratique culturale très répandue dans diverses régions consiste à effeuiller la vigne avant la maturité complète. J'ai été amené à rechercher si cette pratique est judicieuse, et dans quelles conditions elle est à recommander ou à déconseiller. Le plus souvent, on enlève les feuilles qui recouvrent le raisin, afin de mettre celui-ci à nu et de favoriser l'accès de l'air et l'action directe des rayons solaires.

J'ai reconnu que, quand des pluies abondantes surviennent à l'époque où le raisin approche de la maturité, il est à conseiller d'enlever quelques feuilles et de dégager la grappe, qui peut sécher plus facilement et se trouve alors moins exposée à la pourriture. Mais la pratique générale de l'effeuillage doit être condamnée. Je l'ai étudiée dans le domaine des Vergnes-Beaulieu (Gironde), d'une contenance de 200 hectares, où elle était d'un usage courant.

Une partie du vignoble a été traitée suivant cette habitude, une autre n'a pas été effeuillée. En analysant le raisin au moment de la vendange, j'ai vu que, dans les vignes effeuillées, le sucre était moins abondant, l'acidité excessive, et la couleur de la pellicule beaucoup moins accentuée. Les vins obtenus ont été très différents de qualité. A la suite de ces recherches, on a renoncé à pratiquer l'effeuillage.

L'enlèvement, à l'époque où doit se produire l'accumulation du sucre dans le grain, d'une si grande quantité de feuilles encore en pleine activité, et dont la fonction est précisément la production de la matière saccharine, est donc une pratique des plus préjudiciables.

En examinant l'action directe des rayons solaires sur le grain de raisin, action que l'effeuillage a pour but de favoriser, j'ai constaté qu'elle est plus nuisible qu'utile, tout au moins en ce qui concerne les raisins rouges. Ceux-ci, en effet, par suite de la couleur foncée de la pellicule, absorbent la chaleur solaire, et leur température s'élève souvent à tel point (45°) que les phénomènes naturels de la végétation se trouvent entravés : alors la fonction ordinaire de la combustion et de la production d'acide carbonique s'exagère, et le grain brûle son propre sucre et s'appauvrit d'autant. Les grains auxquels les feuilles

servent d'écran gardent la température du milieu ambiant et ont, en fin de compte, accumulé plus de sucre que ceux qui sont exposés au soleil.

Pour les raisins blancs, il n'en est pas tout à fait ainsi; l'absorption de la chaleur n'étant pas aussi forte, leur température n'atteint jamais, au soleil, celle des raisins rouges.

Utilisation des marcs de vendange pour la fabrication des piquettes.

Dans le cours de mes études sur les exigences de la vigne, j'ai été frappé de la quantité énorme de vin qui restait dans les marcs sortant des pressoirs, et j'ai montré que 100^{kg} de marcs, exprimés à fond, contenaient encore en moyenne 60^{lit} de vin. C'est une proportion considérable de la vendange qui est ainsi immobilisée dans un produit dont on ne tire que peu de parti. En effet, les marcs sont fréquemment jetés au fumier; quand on les utilise, c'est pour la fabrication de piquettes très légères, qu'on obtient en faisant passer un grand volume d'eau sur plusieurs marcs successifs. Ainsi préparées, ces piquettes sont faibles en alcool, se conservent mal et s'aigrissent toujours après l'hiver. C'est une boisson destinée aux ouvriers de la ferme, qui la consomment malgré ses faibles qualités. Quand les piquettes sont distillées, leur dilution entraîne à des frais de combustible considérables. Quand les marcs sont passés directement à l'alambic, ils fournissent une eau-de-vie d'une faible valeur marchande.

Il m'a semblé qu'on pouvait tirer un bien meilleur parti des marcs qu'on obtient en si grande quantité dans les exploitations viticoles; j'ai essayé et j'ai rendu pratique un procédé d'extraction du vin retenu par les marcs, procédé basé sur le déplacement de ce vin par de l'eau. Les marcs, fortement tassés dans des cuves, sont arrosés par de petites quantités d'eau, qui chasse peu à peu devant elle le vin qui imprégnait le marc. On obtient ainsi un liquide qui a les qualités et la composition du vin de presse. Lorsque, vers la fin de l'opération, le produit est plus dilué, on le recueille à part et on l'emploie pour l'arrosage d'une autre cuve de marcs. On peut ainsi épuiser, à très peu de frais, la totalité du marc en ne faisant intervenir que de petites

quantités d'eau, et en recueillant des piquettes peu inférieures au vin lui-même, susceptibles de se conserver et de fournir aux ouvriers de l'exploitation une boisson bien plus fortifiante que celle à laquelle ils étaient habitués. Quand on distille ces piquettes, on obtient un alcool égal en qualité aux eaux-de-vie de vin. Aux vendanges de 1892 et de 1893, j'ai opéré, dans un domaine du Roussillon, sur 150000^{kg} de marcs, qui m'ont donné 950^{hlit} d'une piquette ayant une richesse alcoolique moyenne de 8°,5, et contenant 18^{gr} d'extrait sec par litre. Une pareille piquette n'est point inférieure à la plupart des vins de plaine, produits dans les départements du Midi.

Spéculations animales reposant sur l'emploi des sous-produits de la vigne.

Lorsque la vendange est faite et que le vin est soutiré, on se trouve en présence de deux produits ayant une valeur alimentaire élevée; d'abord les feuilles qui restent sur la vigne, jusqu'au moment où les premiers froids les font tomber, et ensuite le marc, résidu du pressurage du vin ou de la fabrication des piquettes.

Ce n'est que rarement que ces produits entrent dans l'alimentation; cependant on fait quelquefois passer les troupeaux de moutons dans la vigne après la vendange pour leur faire brouter les feuilles. Cette pratique est condamnée par le plus grand nombre de viticulteurs.

Je l'ai soumise à l'examen, dans le but d'en étudier les avantages et les inconvénients. Je me suis d'abord attaché à déterminer la proportion de feuilles qui restent sur la vigno dans quelquos-uns des grands vignobles du Midi, du Sud-Ouest et de la Champagne. Cette proportion est considérable. Pour les vignes du Midi, elle est ordinairement comprise entre 5000^{kg} et 6000^{kg} de feuilles fraiches; pour celles de la Gironde, entre 4500^{kg} et 5000^{kg}; pour celles de la Champagne, entre 3000^{kg} et 5000^{kg} par hectare, quantités qui ne sont pas inférieures à celles que donne une coupe de prairies naturelles. Il n'est donc pas sans intérêt de s'en préoccuper. Leur richesse en matière alimentaire est d'ailleurs supérieure à celle de l'herbe de prairie et, quand on les fane, elles ont la composition des bons foins de luzerne.

Mais peut-on sans inconvénient enlever ses feuilles à la vigne? J'ai constaté que dans l'Est, dans le Centre et dans le Sud-Ouest, où la maturation des bois est quelquefois tardive, les feuilles doivent être respectées jusqu'à ce que les sarments soient bien aoûtés; il arrive une époque de l'arrière-saison où la feuille a fini son rôle et où elle peut encore être utilisée comme fourrage. Dans le Midi, les bois sont mûrs de bonne heure et, aussitôt la vendange terminée, on peut faire consommer les feuilles. J'ai suivi pendant trois années, dans l'Hérault et dans les Pyrénées-Orientales, des domaines dans lesquels les troupeaux de moutons entrent dans la vigne aussitôt le raisin cueilli et consomment les feuilles intégralement. Ces vignobles sont en pleine prospérité et ne se montrent en rien inférieurs aux vignobles voisins où les feuilles restent sur la vigne.

S'il y a lieu, dans un climat plus tempéré, de retarder l'utilisation des feuilles, dans le Midi on n'a aucune précaution à prendre à ce sujet.

De leur côté, les marcs sont riches en matières alimentaires et on les fait quelquefois entrer dans la ration des animaux. On s'imaginait cependant que, après avoir servi à la fabrication des piquettes, il savaient perdu leur valeur nutritive; c'était là une erreur. J'ai constaté que les marcs entièrement épuisés ont conservé presque toute leur valeur nutritive, puisqu'on ne leur a enlevé que de l'alcool et des matières extractives solubles. Les matières azotées, les matières grasses entre autres, restent toutes entières dans le marc.

Ces faits étant établis, j'ai contrôlé, par des expériences directes, les déductions que j'en avais tirées. Le mouton étant l'animal qui se prête le mieux à l'utilisation des sous-produits du vin, c'est sur lui que j'ai opéré. Aussitôt après les vendanges, j'ai fait entrer dans les vignes en expérience un troupeau de 200 brebis, qui s'est nourri exclusivement des feuilles de la vigne pendant deux mois et demi; ce n'est que par quelques journées de mauvais temps qu'on l'a gardé en stabulation, lui distribuant alors une ration de foin. Quand les premiers froids ont fait tomber ce qui restait encore de feuilles, les brebis ont été mises au régime du marc; celui-ci, provenant de la fabrication des piquettes, suivant le procédé que j'ai indiqué plus haut, avait été mélangé de 2 à 3 pour 100 de sel et ensuite ensilé. Les brebis

l'ont consommé sans la moindre difficulté et s'en sont nourries pendant tout l'hiver; on leur donnait en outre une très faible ration de foin et on les faisait pacager quelquefois dans les belles journées; mais c'est le marc qui a été pendant cette période le fond de leur alimentation. Les brebis ont agnelé normalement, à raison de trois agneaux pour deux brebis : le marc n'a donc pas entravé la parturition; les agneaux ont été vendus à la boucherie âgés de six à sept semaines et ont constitué le bénéfice net de cette opération. Le troupeau a laissé son fumier, dont la valeur couvrait les frais de garde et d'entretien. En utilisant ainsi les feuilles et les marcs, on peut greffer, sur la production du vin, une spéculation animale qui laisse des profits.

Traitement du mildew par le sulfate de cuivre.

Lors de l'invasion de mildew, qui a été presque aussi désastreuse que celle du phylloxera, j'ai été des premiers à signaler à l'Académie l'action du cuivre pour combattre cette maladie. Des solutions de ce sel, projetées en pluie fine sur les feuilles de vigne, les avaient entièrement préservées. Depuis, l'emploi des sels de cuivre, sous des formes diverses, est devenu le remède efficace, universellement employé pour combattre cette maladie.

Statique des cultures industrielles.

Pour faire suite à une série de recherches commencées par Boussingault, j'ai étudié la culture du houblon dans le but d'établir la relation entre les principes fertilisants donnés au sol comme fumure et ceux qui sont exportés par la récolte. J'ai ainsi constaté que les cônes de houblon, seule partie définitivement enlevée du domaine, ne sont qu'une très minime cause d'appauvrissement, puisqu'ils n'emportent qu'une faible fraction de principes fertilisants; les feuilles et les tiges en contiennent de bien plus fortes quantités; on doit les donner aux animaux de la ferme qui les consomment facilement et elles font ainsi retour au fumier. La culture du houblon n'oblige donc pas à des fumures intensives et peut se passer de l'apport d'engrais commerciaux.

Culture et exploitation du topinambour.

Cette plante est regardée avec raison comme donnant à l'agriculteur de faibles bénéfices : il la réserve ordinairement pour des terres ingrates et emploie les tubercules dans l'intérieur de sa ferme. Dans ces dernières années, cependant, l'attention a été appelée sur sa culture, en raison de la richesse saccharine de ses tubercules, aptes à la production des alcools industriels. Les distilleries mettant en œuvre ce tubercule ont donné à sa culture un plus grand développement, surtout dans certaines régions de la France, où les terres sont peu productives, mais dont la rusticité et les faibles exigences du topinambour s'accommodent encore.

J'ai institué, avec le concours de M. Ant.-Ch. Girard, une série de recherches ayant pour but de déterminer les besoins réels de cette plante, cette donnée devant servir à l'établissement des cultures rationnelles. J'ai ainsi trouvé que, si les agriculteurs ont raison de regarder le topinambour comme peu exigeant, il n'en est pas moins vrai qu'il suit les lois ordinaires de la nutrition végétale et que, dans de meilleurs sols ou avec des fumures, sa production est considérablement augmentée.

Lorsqu'il s'agit d'exploiter le topinambour au point de vue industriel, c'est exclusivement au tubercule qu'on s'adresse : les fanes pourrissent sur le sol ou fournissent une litière médiocre. Mais lorsqu'on le destine à l'alimentation des animaux, on peut l'envisager à deux points de vue. Ordinairement c'est le tubercule qui est consommé et la fane est perdue; mais on peut aussi, comme l'avait déjà pensé Boussingault, couper les tiges en vert une ou deux fois, obtenant ainsi un fourrage de bonne qualité, ce qui se fait aux dépens du tubercule. J'ai voulu me rendre compte des avantages de l'un et de l'autre procédé, au double point de vue du maintien de la fertilité des terres et de la valeur comme aliment. Ces expériences m'ont conduit aux conclusions pratiques suivantes :

Lorsqu'on fauche le topinambour deux fois, au milieu de l'été et vers l'automne, on n'obtient que de très petites quantités de tuber-

cules; la masse d'aliments mise à la disposition des animaux est plus grande dans ce cas; mais cette fauche répétée n'est cependant pas une opération avantageuse, car les matières azotées et hydrocarbonées existant dans les feuilles et dans les tiges sont loin d'être aussi digestibles que celles qui existent dans les tubercules, et je déconseille l'exploitation exclusive du topinambour comme fourrage vert.

Mais une seule fauche, pratiquée vers le milieu de l'été, a donné un fourrage vert, sans que le poids et la valeur alimentaire des tubercules eussent été sensiblement diminués. On peut donc, en général, faire consommer les tiges de topinambour au mois de juin, soit en les fauchant, soit en les faisant brouter par les moutons. La repousse ne tarde pas à se produire et les tubercules se développent normalement. On a ainsi un supplément de fourrage qui peut souvent venir en aide aux agriculteurs des régions pauvres. Il suffit d'une faible augmentation de la fumure pour que cette pratique ne contribue pas à l'épuisement du sol.

ÉTUDES SUR LE SOL ET SUR LES EAUX.

La nitrification par les ferments organisés.

M. Pasteur avait fait remarquer, dès 1862, que l'action de l'oxygène sur la matière organique est très limitée, chaque fois qu'il n'y a pas intervention d'êtres organisés; il a fait voir que beaucoup d'organismes inférieurs ont la propriété de transporter l'oxygène de l'air sur les matières organiques complexes et que c'est un des moyens dont se sert la nature pour opérer la combustion des substances organiques, débris des êtres vivants. Nous avons, M. Schlœsing et moi, appliqué ces idées à l'étude de la nitrification, pour rechercher si les faits d'oxydation de l'azote sont corrélatifs du développement d'êtres vivants. Nous avons constaté que, lorsque la nitrification est établie dans un milieu favorable, on peut l'arrêter complètement, soit par l'action du chloroforme, soit par celle d'une température momentanément portée à 100°. Ces résultats ont permis d'attribuer à l'existence d'un être vivant la production des nitrates dans la nature; une action chimique, en effet, n'eût pas été arrêtée par les anesthésiques ou l'application momentanée de la chaleur. Nous avons constaté, en outre, que, contrairement aux idées reçues, la porosité n'est pas une condition nécessaire de la nitrification, puisque nous avons pu produire celle-ci dans des milieux liquides ou sur des surfaces lisses, excluant toute porosité. Nous avons pu réaliser des milieux artificiels privés de toute trace d'organismes vivants, dans lesquels la nitrification ne se produisait que par l'ensemencement avec une trace d'un milieu nitrifiant. Nous avons cherché à isoler l'organisme de la nitrification, mais les moyens en usage à cette époque n'ayant pas la perfection de ceux d'aujourd'hui, nous ne l'obtenions pas à l'état de pureté absolue. Actuellement encore, malgré les efforts de nombreux observateurs, il ne semble pas qu'on ait réussi à l'obtenir exempt de toute trace d'or-

ganismos étrangers. Le ferment nitrique est très petit, il offre peu de résistance à l'action de la température et, quoiqu'il ait envahi toute la surface de la terre, on ne peut le cultiver au laboratoire qu'avec certaines précautions. Son action se manifeste surtout entre les températures de 12° et de 37°, elle devient nulle au-dessus de 50°.

Les nombreuses espèces des autres organismes inférieurs n'ont pas la faculté de nitrifier; c'est donc une aptitude spéciale que possède le ferment auquel nous avons attribué la nitrification, phénomène qui doit être regardé comme jouant le rôle le plus important dans la fertilité des terres et dans la production des récoltes. Depuis que nous avons publié nos études sur ce sujet, un grand nombre de savants ont pris nos observations comme point de départ de leurs travaux; ils ont confirmé nos résultats dans leurs grandes lignes, en y ajoutant des données nouvelles.

La formation dee terree nitrées et les gisements de nitrate de soude.

On sait qu'il existe dans l'Amérique du Sud des accumulations de nitrates, soit sous forme de terres chargées de ce sel, soit sous forme de masses salines constituant lee immenses gisements du Pérou. L'origine de ces accumulations de nitrates a été le plus souvent attribuée à l'action de l'électricité atmosphérique, quelquefois à la transformation des gisements de guano. J'ai pensé que de nouvelles investigations devaient être faites sur ce sujet et j'ai commencé par l'étude des terres nitrées, dont de Humboldt et Boussingault avaient déjà observé l'existence dans le cours de leurs voyages. En examinant ces terres, j'ai constaté qu'elles étaient envahies par des ferments nitriques en pleine activité, travaillant à la destruction d'énormes quantités de matières organiques, dont l'origine animale était facile à reconnaître (débris d'insectes provenant de déjections d'oiseaux et de chauves-souris, fragments d'os de grands et petits mammifères). Ces matières azotées, en voie de nitrification, étaient mêlées de grandes quantités de phosphates de chaux et de magnésie, résidus de la vie animale; les nitrates étaient tout entiers à l'état de nitrate de chaux.

L'origine des terres nitrées s'explique donc facilement par l'action

du ferment nitrique sur les débris animaux accumulés en grandes masses et le plus souvent abrités centre les pluies par des reches formant des grettes. C'est un phénemène mederne qui se centinue seus nes yeux.

Mais cemment se sont fermées les immenses accumulatiens salines de nitrate de soude et comment peut-en rapprecher le mode de fermatien de gisements d'aspect et de cempesitien si différents? L'étude de ces problèmes m'a cenduit aux constatatiens suivantes :

1° Les nitrates de seude ne sent pas fermés dans les lieux mêmes qu'ils occupent actuellement, car ils seraient encere accempagnés sinen de matières organiques, au meins de phesphate; ils sont le résultat de l'évaporation des eaux qui les tenaient en dissolution et qui les ent enlevés de leur lieu d'erigine.

2° Cemme tous les nitrates qui se forment au sein des terres, ils ent été primitivement à l'état de nitrate de chaux, lequel, en présence du sel marin, a denné naissance à du chlerure de calcium, sel extrêmement soluble, qui s'est éceulé, et à des cristaux de nitrate de seude qui sont restés avec l'excès de sel marin.

J'ai pu réaliser cette double décempesitien et censtater qu'elle se produit régulièrement lersque le nitrate de chaux, fermé dans la terre, est mis en centact avec des eaux marines. J'ai ainsi effectué la synthèse des nitrates de soude bruts.

3° La nitrificatien a été preduite en présence de l'eau de mer (qui n'entrave pas la nitrificatien); en effet, cemme on sait, les nitrates du Péreu centiennent de l'iode à un état teut à fait anormal dans la nature, celui d'iedate. L'eau de mer, qui est le véhicule de l'iode, présente cet élément à l'état d'iedure, c'est-à-dire en cembinaison nen exygénée; er, j'ai pu constater qu'un iedure introduit dans un milieu en voie de nitrificatien était exydé en même temps quc l'azote. C'est denc au ceurs même de la nitrificatien des débris animaux que s'est produite l'interventien des eaux marines, dent l'iode a été oxydé en même temps que l'azete.

L'ensemble de ces études réseut la question si longtemps contreversée de l'origine des nitrates de soude, qui sent aujourd'hui une des matières premières les plus impertantes de l'agriculture eurepéenne.

La dissémination du ferment nitrique et son rôle dans la formation de la terre arable.

La notion du ferment de la nitrification étant établie, j'ai cherché quelle était sa répartition dans la nature; il était à prévoir que je le rencontrerais dans toutes les terres arables, puisque celles-ci doivent surtout leur fertilité à la nitrification dont elles sont le siège. Mais dans d'autres sols, tels que les terres acides, les terres de landes et de bois, les tourbes, la nitrification ne se produit pas normalement; j'y ai cependant trouvé en abondance le ferment nitrique, qui reste là, remplissant d'autres fonctions, jusqu'à ce que des pratiques culturales, chaulages et marnages, neutralisant les acides du sol, lui permettent de jouer son rôle habituel, qui est de rendre assimilable l'azote inerte des débris organiques.

J'ai d'ailleurs constaté qu'il se conserve vivant d'une façon presque indéfinie, même alors que sa fonction prédominante est absolument arrêtée. En effet, dans des couches géologiques profondes, formées de bancs d'argile, je l'ai retrouvé prêt à reprendre son activité. Sous les glaciers des Alpes, à une température ne s'élevant jamais au-dessus de 0°, je l'ai rencontré également, et j'ai pu le rappeler à la vie après ce sommeil séculaire.

Il existe donc partout à la surface du globe, même là où des conditions défavorables ne lui permettent pas de manifester sa présence. Il pénètre graduellement dans l'intérieur des roches dures, dans lesquelles je l'ai trouvé, non seulement à la surface, mais aussi dans les parties plus profondes. Il contribue à l'effritement de ces roches et à leur transformation en éléments fins constituant la terre arable. J'ai observé un exemple saisissant de cette action, dans les Alpes Bernoises, où le Faulhorn (roche pourrie), bien connu des touristes, s'émiette littéralement dans toute sa masse, envahie par le ferment nitrique, que j'ai découvert aux plus grandes profondeurs qu'il a été possible d'atteindre.

Il ne convient pas d'attribuer au ferment nitrique seul cette influence sur la transformation des parties rocheuses en éléments terreux, d'autres organismes peuvent y concourir; mais, par son extrême

diffusion et son abondance, le ferment nitrique me semble devoir être placé au premier rang.

J'ai d'ailleurs montré qu'il pouvait vivre sur les roches des plus hautes montagnes, aux dépens des éléments que lui fournit l'atmosphère et qu'il n'a pas besoin pour se développer des débris d'une vie antérieure.

La transformation des engrais azotés dans le sol.

On admet que les matières organiques azotées ne cèdent leur azote aux plantes que lorsque celui-ci est minéralisé. La nitrification est l'agent principal de cette transformation ; l'azote des engrais organiques passe-t-il directement à l'état de nitrate, ou bien y a-t-il un passage préalable à l'état d'ammoniaque? J'ai constaté que, dans les sols où la nitrification est impossible, c'est exclusivement de l'ammoniaque qui se produit, que dans les terres arables normales la formation de nitrate est précédée et accompagnée de celle de l'ammoniaque, qui constitue un état intermédiaire.

Par quel mécanisme se produit cette ammoniaque? est-elle due à l'action exclusive des microrganismes du sol, ou bien est-elle le résultat d'une action purement chimique? Cette question n'étant pas résolue, je l'ai soumise à de nouvelles investigations, et j'ai pu établir que des phénomènes d'ordre chimique n'interviennent pas dans les conditions naturelles; en effet, en l'absence d'organismes vivants, aucune trace d'ammoniaque ne se produit, mais, dès que quelques-uns des microrganismes du sol sont introduits dans un milieu stérilisé, la production d'ammoniaque se manifeste. En isolant quelques-uns des nombreux organismes qui peuplent la terre, j'ai trouvé que tous sont susceptibles de détruire les matières organiques avec production d'ammoniaque. Ils préparent donc le travail du ferment nitrique, dont M. Schlœsing a montré l'action rapide sur l'ammoniaque.

Propriétés fertilisantes des eaux.

Les eaux employées pour l'irrigation des terres ne sont pas seulement destinées à apporter l'humidité qui favorise la végétation, mais

aussi à fournir un contingent de principes fertilisants en dissolution ou en suspension. Lorsqu'on fait intervenir de grandes masses d'eau, c'est un véritable engrais qu'on apporte ainsi à la terre. J'ai examiné à ce point de vue divers cours d'eau servant aux irrigations, et, plus particulièrement, suivant les conseils de M. A. d'Abbadie, les eaux du Nil, célèbres par leurs qualités fertilisantes. Ce n'est pas seulement au dépôt de limon d'une extrême ténuité et offrant une grande surface à l'action des racines qu'est dû leur pouvoir fécondant, c'est encore aux sels solubles et particulièrement aux nitrates et à la potasse dont ces eaux sont chargées. Les analyses que j'en ai faites aux diverses phases de leurs crues expliquent pourquoi elles suffisent à maintenir et à augmenter la fertilité de la terre.

Les eaux noirss des fleuvss tropicaux.

J'ai eu l'occasion d'examiner les eaux noires qui forment quelques-uns des plus grands fleuves de l'Amérique du Sud et dont plusieurs voyageurs, particulièrement de Humboldt et Boussingault, avaient déjà parlé. L'explication de cette couleur singulière n'avait point été donnée; je l'ai trouvée dans la présence d'une matière humique provenant des débris végétaux. Ces eaux étant exemptes de calcaire, la matière humique rend les eaux acides et empêche par suite la nitrification et la destruction de la substance organique. Les cours d'eau qui ont coulé sur des terrains calcaires ont des eaux blanches, parce que le carbonate de chaux qu'elles renferment les rend aptes au développement du ferment nitrique, qui détruit rapidement les matières organiques. Il suffit d'ailleurs que deux cours d'eau de couleur différente se réunissent pour que la couleur de l'eau devienne rapidement blanche, sous l'influence du ferment nitrique qui peut alors se développer à la faveur du calcaire apporté par l'un des fleuves.

ÉTUDES SUR LA VÉGÉTATION.

Nutrition ammoniacale des végétaux.

Les idées de Liebig, de Dumas et de Boussingault sur la nutrition végétale avaient conduit à admettre que l'alimentation des végétaux supérieurs par les matières azotées ne se faisait qu'après la minéralisation de l'azote de ces dernières. Pendant longtemps on a admis que c'est à l'état d'ammoniaque que les végétaux absorbent l'azote du sol. Plus tard la fonction de nourrir les plantes a été attribuée exclusivement aux nitrates. Cette théorie me paraissant trop absolue, j'ai recherché par des expériences directes s'il était indispensable que l'azote du sol fût nitrifié. Dans ce but, je me suis astreint à constituer des sols exempts de nitrate et entièrement soustraits, par des dispositions appropriées, à toute introduction de ferment nitrique. Ces sols, ensemencés, contenant une fumure azotée, subissaient l'action des ferments ammoniacaux. J'ai pu ainsi faire développer des plantes en l'absence de toute trace de nitrate, l'ammoniaque seule leur servant de nourriture azotée. Ces recherches ont montré que la nutrition végétale peut se faire aux dépens de l'azote à l'état d'ammoniaque, aussi bien qu'aux dépens de l'azote à l'état de nitrate.

La maturation des grains.

Les matières hydrocarbonées auxquelles leur composition a fait donner le nom d'*hydrates de carbone* jouent dans la vie des plantes un rôle prépondérant.

A l'état de sucres, de gommes, de matières amylacées, de cellulose, elles existent à tout moment dans les diverses parties des végétaux. Sous les formes qu'elles peuvent affecter, elles constituent l'état que revêt le plus généralement le carbone, pour passer d'un degré d'orga-

nisation plus simple à un degré d'organisation plus complexe et inversement. Les transformations de ces substances les unes dans les autres, transformations dont le mécanisme nous échappe presque toujours, sont liées aux fonctions les plus intimes des végétaux. J'ai cherché à élucider quelques faits se rattachant à la formation de l'amidon et des graisses dans les graines, en déterminant la composition de ces dernières, à différentes époques de la végétation, depuis la floraison jusqu'à la maturité complète. J'ai également cherché quel était le moment de la maturité le plus favorable à un rendement élevé de récolte et quelle était l'influence sur la conservation d'une récolte prématurée.

Ce travail est divisé en deux parties, dont l'une comprend l'étude des graines amylacées et l'autre celle des graines oléagineuses. Pour les premières, j'ai trouvé que la formation de l'amidon était toujours précédée de celle des matières sucrées, et que, dans le seigle, le blé, l'orge, l'avoine, cette matière sucrée était constituée par un sucre particulier, le synanthrose, qui a des analogies avec le sucre de canne. Ce sucre, dont la proportion est très considérable dans le jeune grain, disparaît à mesure que la maturation avance; il est remplacé par de l'amidon, sans qu'il soit possible de saisir un état transitoire.

Cependant le synanthrose ne disparaît pas complètement dans tous les grains mûrs; dans le seigle, en particulier, j'en ai trouvé des quantités notables, ordinairement voisines de 5 pour 100, mais qui diminuent graduellement, avec la durée de la conservation. Ainsi les grains conservés depuis plusieurs années n'en renferment plus que 1 à 2 pour 100. La transformation en amidon continue donc, quoique avec une extrême lenteur, dans le grain conservé.

Ce synanthrose ne se trouve pas également réparti dans toutes les parties du grain; en effet, en séparant dans celui-ci la farine du son, on trouve dans ce dernier une quantité de synanthrose bien plus considérable que dans la farine, qui cependant en retient 3 à 4 pour 100, et l'on peut attribuer quelques-unes des propriétés physiques du pain de seigle à la présence, dans cette farine, du synanthrose, qui est une substance poisseuse.

Dans le blé, le synanthrose disparaît complètement à l'époque de la maturité et, à ce moment, je n'y ai plus rencontré que du sucre de

canne, dont la proportion se maintient entre 1 et 2 pour 100 dans le grain mûr. L'orge et l'avoine ont donné lieu à des observations analogues; ici encore, c'est le son qui retient la plus grande partie du sucre.

Dans toutes les graines examinées, j'ai rencontré de véritables gommes, qui paraissent s'immobiliser et ne plus se prêter aux transformations ultérieures.

A côté des sucres dont je viens de parler, j'ai trouvé dans les graines un ferment inversif, du genre des diastases, qui agit sur les sucres, pour les dédoubler en glucoses; mais cette transformation n'a lieu que lorsque le grain cesse de fonctionner normalement; en le broyant, la transformation s'effectue aussitôt.

Ces sucres ne se forment pas dans le grain lui-même; en examinant les tiges et les feuilles des plantes sur lesquelles j'ai opéré, j'ai retrouvé le synanthrose associé au sucre de canne et à leurs produits de dédoublement. Un ferment inversif, d'une grande activité, existe également dans ces organes. Il y a lieu de faire remarquer l'absence complète des glucoses dans le grain, alors qu'on les trouve en si grande abondance dans les organes foliacés.

En suivant le poids sec du grain, à mesure que la maturation s'accomplit, j'ai constaté, au voisinage du point qu'on regarde comme celui de la maturité, un arrêt d'accroissement, suivi bientôt d'une diminution graduelle. Il y a donc un moment qu'il faut saisir pour la récolte, celui où le grain a le poids le plus fort. Si la récolte se fait trop tôt, de même que si l'on diffère, il y a un rendement moins élevé. J'ai cherché à quelle cause il faut attribuer cette diminution, quelle est, dans les conditions normales, la perte qui peut en résulter et à quel moment de la vie de la plante le grain renferme le plus de substance.

Cette diminution du poids des grains, à partir d'un certain moment, s'explique par l'intensité de la respiration dans le grain encore très riche en eau. Aussi longtemps que le grain reçoit les matériaux élaborés par les organes verts, en plus forte proportion qu'il ne les perd par cette combustion, il accumule la matière carbonée. Lorsque l'égalité entre ces deux actions inverses se produit, le poids maximum est obtenu, et, à partir de ce moment, le poids du grain ne fait que dimi-

nuer, jusqu'à ce qu'il soit amené à l'état sec. Dans diverses observations, j'ai constaté, en laissant la récolte sur pied au delà du point que nous venons d'indiquer, des pertes qui ont atteint et dépassé 10 pour 100. Cette perte porte surtout sur l'amidon.

En mesurant l'acide carbonique produit par le grain resté sur pied, alors qu'il n'est plus apte à assimiler, j'ai constaté qu'il se formait, par vingt-quatre heures et par hectare, une quantité d'acide carbonique représentant près de 50^{kg} d'amidon; l'importance pratique de ce fait ne doit pas être perdue de vue par les cultivateurs.

En cherchant un moyen facile pour reconnaître le moment où le grain ne reçoit plus suffisamment d'afflux alimentaire, j'ai déterminé le degré de dessiccation du rachis, par lequel cet afflux doit se faire, et j'ai constaté que le grain cessait d'augmenter de poids lorsque le rachis était desséché au point de ne plus contenir qu'environ 15 pour 100 d'eau.

Dans ce même travail, j'ai déterminé l'influence du degré de maturité sur la conservation des grains. Des récoltes ont été faites à maturité incomplète et à maturité complète. Dans tous les cas examinés, les grains non entièrement mûrs, placés comparativement dans une même atmosphère avec des grains mûrs, retiennent une quantité d'eau sensiblement plus élevée, et, par suite, ils sont plus sujets à se gâter pendant la conservation. Ces observations expliquent pourquoi certains grains, venant des pays du Nord, tels que les avoines de la Suède et de la Russie, dont la maturité est quelquefois incomplète, retiennent une quantité d'humidité très élevée et se prêtent moins à une conservation prolongée.

J'ai fait des recherches analogues sur les graines oléagineuses et, en particulier, sur le colza. J'ai examiné, à différentes périodes de la maturité, le grain et les gousses. J'ai constaté que, dans le grain, la formation de la graisse était toujours précédée de celle des matières sucrées. Le sucre de canne et le sucre inverti se rencontrent abondamment dans la graine peu avancée en âge; ils diminuent graduellement à mesure que les corps gras se forment; mais, à la maturation complète, il reste encore de notables quantités de sucre de canne. Ces sucres existent déjà dans la gousse, d'où ils se dirigent vers le grain; mais la matière grasse paraît se former dans le grain même, puisque la gousse

n'en renferme que de faibles traces, qui se trouvent d'ailleurs rester invariables.

Pour les graines oléagineuses, j'ai également examiné l'influence du degré de maturité sur la quotité de la récolte. Ici encore j'ai constaté que, à partir d'un certain point, le grain n'accumule plus de matières carbonées, mais qu'il en perd par suite des phénomènes de respiration, et que cette perte porte surtout sur la matière grasse. Le point précis où la maturité est atteinte est donc celui qui donne, non seulement le rendement le plus élevé en poids, mais encore la richesse la plus grande en huile.

La fermentation intracellulaire des végétaux.

Les idées de M. Pasteur tendaient à attribuer aux actions biologiques, produites en l'absence de l'oxygène libre, la formation de l'alcool aux dépens des matières hydrocarbonées. MM. Lechartier et Bellamy ont confirmé ces idées, en montrant que les fruits soustraits à l'action de l'air contiennent de l'alcool dans leurs tissus. J'ai étendu ces recherches aux plantes entières et j'ai montré que les végétaux peuvent traverser cette phase anormale de la fermentation intracellulaire, en conservant toute leur vitalité et reprenant ensuite leurs fonctions habituelles.

La distinction des ferments figurés et des ferments chimiques.

En 1872, à une époque où bien des points touchant à l'étude des ferments restaient encore obscurs, m'inspirant des travaux de M. Pasteur, j'ai cherché s'il était possible d'établir une distinction entre les ferments figurés, organismes vivants, et les ferments solubles ou diastases, substances chimiques dépourvues d'une forme définie, et non susceptibles de se multiplier. J'ai eu recours aux anesthésiques et particulièrement au chloroforme, pour établir une différenciation entre les deux modes de transformation de la matière organique, et j'ai montré que, d'une façon générale, les anesthésiques annihilent l'action des ferments organisés et sont sans influence sur celle des fer-

ments solubles. Depuis, il a été reconnu que cette action des anesthésiques n'cst pas aussi absolue que je l'avais pensé d'abord. Ces recherches ont cependant exercé une influence utile, puisque ce sont elles qui nous ont permis, à M. Schlœsing et à moi, de reconnaître que la nitrification est due à des êtres organisés.

Les fonctions des champignons.

En étudiant les fonctions respiratoires des champignons proprement dits, j'ai constaté qu'elles étaient influencées par la nature des matières sucrées. En effet, en l'absence de l'oxygène, les uns ne donnent naissance qu'à de l'acide carbonique, les autres à de l'acide carbonique et à de l'hydrogène. J'ai trouvé que les premiers renfermaient du tréhalose, sucre découvert dans une manne par M. Berthelot, et que les seconds contenaient de la mannite, sucre plus hydrogéné.

A l'abri de l'oxygène, ces deux sucres fournissent, au sein des tissus des champignons, de l'acide carbonique et de l'alcool, mais la mannite dégage en outre son équivalent d'hydrogène.

J'ai pu constater que les champignons inférieurs, généralement connus sous le nom de *moisissures*, contenaient également dans leurs tissus ou du tréhalose ou de la mannite et qu'ils se rapprochaient ainsi des champignons proprement dits.

Germination dss graines oléagineusss.

La germination des graines amylacées avait fait l'objet d'études approfondies; il n'en était pas de même de celle des graines oléagineuses. J'ai montré que pendant la germination les matières grasses qui servent d'aliment à la jeune plante commencent par éprouver une saponification. La glycérine, ainsi produite, disparaît à mesure de sa mise en liberté; les acides gras rendus libres servent eux-mêmes d'aliments respiratoires à l'embryon; mais, avant d'éprouver la combustion complète, ils subissent une oxydation ménagée qui les transforme en véritables résines.

Les éléments du sucre de lait dans les fourrages.

Le sucre de lait, qu'on trouve en si grande abondance dans le lait de vache, préexiste-t-il dans les aliments ou se produit-il au sein de l'organisme animal? Cette question n'avait pas reçu de solution; mais, comme on n'avait jamais signalé l'existence de sucre de lait dans les plantes fourragères, on était tenté de croire que les animaux en lactation peuvent produire ce sucre à l'aide de matériaux dont la molécule fondamentale est différente, opérant ainsi des transformations et une synthèse que nous sommes plus habitués à rencontrer dans le règne végétal. L'examen approfondi des fourrages m'a fait voir que les éléments du sucre de lait se trouvent en abondance dans la nourriture des herbivores, puisque les gommes, les corps pectiques et mucilagineux donnent naissance au galactose, principe constitutif du sucre de lait. Ces corps galactogènes sont très répandus dans les végétaux; la ration journalière d'une vache laitière en contient de 1^{kg} à $1^{kg},5$, quantité plus que suffisante pour expliquer la présence du lactose dans le lait et qui nous dispense d'attribuer à l'organisme des animaux en lactation des fonctions qui seraient en contradiction avec l'allure générale des transformations de la physiologie animale.

ÉTUDES

SUR

L'ATMOSPHÈRE ET LA PHYSIQUE DU GLOBE.

La présence de l'alcool dans le sol, dans les eaux et dans l'atmosphère.

Les fermentations qui opèrent le dédoublement des matières organiques donnent presque toutes naissance à des quantités plus ou moins grandes d'alcool. J'ai été amené à rechercher s'il était possible de constater la formation de l'alcool dans le sol, où les phénomènes de destruction de la matière organique sous l'influence des ferments se manifestent avec tant d'activité. Opérant sur de grandes masses de terre, prise après les récoltes et dans laquelle les racines des plantes étaient en voie de décomposition, j'ai pu extraire en nature de l'alcool et le caractériser par ses propriétés principales.

L'alcool étant très volatil, j'ai pensé qu'il devait se diffuser dans l'air, et que les pluies devaient le ramener à la surface du sol. Dans les expériences que j'ai instituées à ce sujet, je ne pouvais pas penser à extraire en nature les traces d'alcool soupçonnées dans l'air ou dans les eaux de pluie. J'ai eu recours à un moyen déjà employé par M. Berthelot, basé sur la transformation de l'alcool en un composé insoluble et cristallisé, l'iodoforme. J'ai donné à ce mode d'investigation une extrême sensibilité, en concentrant dans quelques centimètres cubes d'eau, par des distillations fractionnées, les traces d'alcool de grands volumes d'eau, opérant ensuite la transformation en iodoforme et examinant au microscope le dépôt formé. J'ai pu ainsi arriver à retrouver avec la plus grande netteté une ou deux gouttes d'alcool ajouté à 1^{mc} d'eau.

Appliquant cette réaction si délicate aux eaux de pluie, j'ai trouvé

que toutes renfermaient des quantités assez fortes d'alcool pour donner naissance à de l'iodoforme, que le microscope faisait voir à l'état de magnifiques étoiles à six branches, pouvant être reproduites par la photographie..

Les neiges étant plus froides condensent davantage les vapeurs d'alcool et sont, par suite, plus riches encore.

Ce n'est pas seulement dans les parties basses de l'atmosphère que j'ai pu ainsi constater la présence de l'alcool. Pendant mes séjours au pic du Midi, à 2900^m d'altitude, où j'avais installé un laboratoire annexé à l'observatoire météorologique, j'ai trouvé de même des proportions très appréciables d'alcool dans les eaux de pluie et dans les neiges.

L'alcool formé pendant les fermentations qui s'opèrent dans le sol se dégage en raison de sa volatilité et doit être considéré comme étant un des éléments constituants de l'atmosphère terrestre.

L'acide carbonique de l'air.

Ces recherches, continuées pendant environ sept ans, avec le concours de M. Aubin, ont été commencées à une époque où nos connaissances sur l'acide carbonique aérien entraient dans une phase nouvelle. Les anciennes déterminations, particulièrement celles de Thenard et de Boussingault, étaient infirmées par de nouvelles études. M. Reiset en France, M. Schulze en Allemagne, venaient de montrer que la proportion d'acide carbonique de l'air était bien inférieure à ce qu'on avait cru jusqu'alors et ne s'éloignait pas sensiblement de 3 dix-millièmes. Mais divers observateurs avaient annoncé que ce gaz se trouvait concentré dans les parties basses de l'atmosphère, que sa répartition dans les courants atmosphériques était inégale, et que ceux-ci pouvaient être différenciés par cette teneur variable. Plusieurs questions se trouvaient ainsi posées. En raison de l'importance que les savants de tous les pays ont toujours attribuée à la détermination de la composition exacte de l'air, j'ai entrepris une longue série de recherches que l'Académie des Sciences a encouragées en prenant à sa charge la plus grande partie des frais qu'elles entraînaient.

La première partie de ce travail comprend la description d'une méthode permettant d'aller recueillir au loin et même dans les stations d'un accès difficile l'acide carbonique d'un volume d'air déterminé et de le fixer, sans altération possible, pour en déterminer ensuite, au laboratoire, après un temps plus ou moins long, la quantité précise mesurée en volume.

Les premiers résultats de la détermination de l'acide carbonique aérien dans les régions voisines de Paris ont confirmé ceux de M. Reiset, et ont montré qu'il n'y avait pas ces grandes variations, que quelques expérimentateurs avaient signalées, et qu'en particulier les courants atmosphériques n'étaient point caractérisés par leur teneur en acide carbonique.

Transportant ensuite les appareils au sommet du pic du Midi, à environ 2900^{m} d'altitude, nous avons effectué une série de déterminations dont les résultats ont montré que l'air des hautes régions contient les mêmes proportions d'acide carbonique, proportions comprises entre des limites très peu écartées, que l'air des régions basses. Cette constance s'est maintenue, quelle que fût la direction des courants, dont les uns venaient du large, dont les autres avaient passé sur de grandes étendues de pays. Il était donc démontré, par ces études, que l'acide carbonique de l'air se maintient sous nos climats à un taux très sensiblement constant, comme M. Reiset l'avait reconnu, et, en outre, que l'acide carbonique est répandu uniformément dans l'atmosphère de nos régions tempérées.

Il s'agissait ensuite de rechercher si cette constance de composition se maintient sur toute la surface du globe, si de grands phénomènes naturels, tels que ceux qui se produisent dans les régions équatoriales ou dans les régions polaires, n'interviennent pas pour modifier la proportion d'acide carbonique de l'air. Grâce à l'intérêt que J.-B. Dumas a témoigné à ces recherches, j'ai pu mener à bonne fin les observations sur ce sujet. J'ai été mis à même d'analyser l'air des régions très différentes, à l'occasion de missions envoyées pour observer le passage de Vénus sur le Soleil, et de celle qui a fait un séjour prolongé au cap Horn, dans le but d'étudier le magnétisme terrestre. Les savants qui ont bien voulu se charger d'effectuer les prises ont rapporté un grand nombre de tubes renfermant l'acide carbonique d'un volume d'air

connu, et qui a pu alors être extrait en volume et mesuré avec tout le soin désirable au laboratoire.

La moyenne des observations faites dans ces stations, les unes au voisinage de l'Équateur, les autres plus rapprochées de l'hémisphère austral, ne s'éloigne pas sensiblement des chiffres que j'ai trouvés en Europe. Mais, en considérant isolément les résultats obtenus dans les latitudes australes, j'ai trouvé une diminution manifeste dans le taux de l'acide carbonique. C'est particulièrement à l'extrémité de la Terre de Feu, où de nombreuses prises ont été effectuées pendant une année entière, que cette diminution s'est montrée frappante et constante, à tel point que j'ai pu affirmer qu'il y a réellement dans l'atmosphère des latitudes australes une moins grande quantité d'acide carbonique, la diminution étant d'environ 10 pour 100.

En cherchant l'explication de ce fait singulier, je l'ai trouvée dans l'influence de l'immense nappe d'eau marine qui couvre la plus grande partie des régions australes. La température de ces eaux, que le développement des glaces polaires maintient basse jusqu'à une grande distance du pôle, c'est-à-dire sur une étendue énorme, diminue la tension de l'acide carbonique engagé dans les bicarbonates en dissolution dans l'eau marine. Le fait d'une diminution dans la proportion d'acide carbonique de l'air de l'hémisphère austral, diminution qui ressort nettement de mes recherches, est une confirmation des idées de M. Schlœsing sur le rôle de la mer comme régulateur de l'acide carbonique aérien. La température de l'eau a, en effet, une grande influence sur les échanges de l'acide carbonique entre la mer et l'atmosphère. C'est là une conséquence de la loi des tensions.

D'autres observations ont pu être faites dans le cours de ces recherches. J'ai trouvé que, contrairement à ce qui a lieu sous nos climats, la proportion d'acide carbonique n'augmente pas la nuit, ce qui s'explique par l'absence presque complète, dans les régions australes, des surfaces couvertes de végétation qui, chez nous, dégagent de grandes quantités d'acide carbonique dans l'obscurité.

Les faibles variations qui se produisent dans le taux d'acide carbonique de l'hémisphère austral sont dues principalement aux changements de la température qui, s'élevant ou s'abaissant, augmente ou diminue la tension de décomposition des bicarbonates de la mer.

Les gaz carbonés combustibles de l'air.

L'existence dans l'air de gaz carbonés combustibles pouvait laisser des doutes; j'ai cherché, avec le concours de M. Aubin, à en démontrer l'existence et à en mesurer la proportion. Cette dernière ne pouvant être qu'extrêmement petite, il y avait lieu d'opérer sur de très grandes masses d'air, privé de poussières en suspension. Deux méthodes différentes pour arriver à cette détermination ont été employées; elles devaient se contrôler mutuellement. Dans l'une, on opérait sur de l'air qu'on privait de l'acide carbonique préexistant et qu'on brûlait ensuite pour doser l'acide carbonique formé aux dépens des gaz carbonés combustibles. Dans l'autre, on déterminait l'acide carbonique dans des volumes égaux d'air brûlé et d'air non brûlé, l'augmentation d'acide carbonique dans le premier devant être attribuée aux gaz carbonés combustibles.

Les deux méthodes ont donné des résultats sensiblement identiques, et nous avons trouvé que, dans l'air normal, il existe une quantité de gaz combustible donnant 2^{vol} à $4^{vol},7$ d'acide carbonique pour 1 000 000 de volumes d'air. Dans les villes, cette proportion est en général double. Les gaz carbonés combustibles existent donc dans l'air, dans une proportion environ cent fois moindre que celle de l'acide carbonique.

On aurait pu penser que l'atmosphère terrestre est destinée à s'enrichir indéfiniment en gaz carbonés; il n'en est rien, car les décharges électriques produisent leur combustion; nous avons pu réaliser ce phénomène en faisant passer l'étincelle électrique dans de l'air auquel on avait ajouté des proportions extrêmement minimes de gaz carbonés. Notre atmosphère se débarrasse ainsi des hydrocarbures déversés incessamment par les marais ou par les accumulations des végétations antérieures, houillères, tourbières, etc.

Distribution de l'ammoniaque dans l'air et dans les pluies.

J'ai étudié la répartition de l'ammoniaque dans l'atmosphère, en me servant de la méthode imaginée par M. Th. Schlœsing. J'ai pu con-

stater, avec le concours de M. Aubin, que, dans l'air pris au sommet du pic du Midi, la proportion d'ammoniaque est sensiblement identique à celle trouvée dans les plaines, et j'ai montré par là la diffusion de cette base dans l'atmosphère, dont elle est ainsi l'un des éléments constituants.

Les pluies, les neiges et les brouillards, pris à près de 3000^{m} d'altitude, nous ont donné également de l'ammoniaque, quoique en proportion un peu moindre, ce qui s'explique par la raréfaction de l'air.

J'ai établi des recherches analogues dans les pays tropicaux, avec le concours de M. Marcano, et j'ai pu constater que, sous ces climats, où la température moyenne est beaucoup plus élevée que dans nos régions tempérées, l'ammoniaque existe dans l'air en plus forte proportion et que, par suite, les pluies en contiennent davantage. Cette augmentation de la proportion d'ammoniaque doit être attribuée à la température plus élevée des eaux marines, augmentant la tension de l'ammoniaque qu'elles renferment. M. Schlœsing avait démontré que la mer était le grand réservoir de l'ammoniaque qui se dégage dans l'air.

La nitrification atmosphérique.

On sait que l'azote de l'air se combine à l'oxygène sous l'influence des décharges électriques et donne naissance à des nitrates qui flottent dans l'air à l'état de poussières d'une grande ténuité, que les eaux de pluie ramènent au sol.

Les éclairs étant ainsi les producteurs des nitrates de l'atmosphère, je me suis demandé si, en se plaçant à une grande altitude, au-dessus de la zone où éclatent ordinairement les orages, on trouvait autant de nitrates que dans les régions basses; les déterminations faites au sommet du pic du Midi, avec le concours de M. Aubin, ont montré que les pluies recueillies à cette altitude ne contenaient pour ainsi dire pas de nitrate. Ce sel en suspension dans l'atmosphère se trouve donc concentré dans les régions inférieures, au-dessous de la zone qui est ordinairement le siège des phénomènes électriques.

Je me suis demandé également si sous les tropiques, où l'électricité atmosphérique se manifeste avec une si grande intensité, les

nitrates de l'air n'étaient pas plus abondants que dans les pays tempérés. De nombreux échantillons d'eaux de pluie prélevés dans l'Amérique du Sud, ainsi que dans les îles de l'océan Indien, ont été examinés à ce point de vue; j'y ai trouvé des quantités de nitrate extraordinairement élevées, qui sont certainement un des facteurs de l'intensité de la végétation sous les tropiques.

Répartition du sel marin à la surface du globe.

Le sel marin est indispensable à la vie animale, il entre dans la constitution des tissus et joue dans les phénomènes de la digestion un rôle bien connu ; tous nos aliments, tous les fourrages de nos animaux domestiques en contiennent une certaine quantité. Les pluies tendent à enlever ce sel de la surface des continents, en opérant un lavage perpétuel ; mais les poussières salines provenant de l'Océan sont emportées par les vents et opèrent une restitution en retombant sur le sol avec les eaux météoriques. Ces poussières salines peuvent-elles s'élever à une grande hauteur dans l'atmosphère, ou bien, en vertu des lois de la pesanteur, ont-elles une tendance à se concentrer dans les parties basses? J'ai pensé qu'il devait en être ainsi, en observant l'avidité, pour le sel, des animaux qui vivent sur les pâturages alpestres. J'ai souvent pu remarquer que, si la plupart des animaux domestiques aiment le sel, ils ne montrent pas l'avidité extraordinaire de ceux qui pâturent sur les hauteurs. Ces derniers suivent avec persistance, non seulement les bergers qui leur distribuent le sel, mais toutes les personnes qui leur en ont fait goûter. J'ai constaté que, suivant l'expression des montagnards, ces animaux sentent le sel, c'est-à-dire le perçoivent par l'odorat, quand on en a dans sa poche. Il semble donc que, vivant sur les hauts pâturages, ils n'ont pas en suffisance le sel marin pour satisfaire aux besoins de leur organisme.

Comparant les pluies tombées dans les plaines à celles recueillies à une grande altitude, j'ai trouvé que ces dernières ne contiennent que de faibles traces de sel, alors que les autres en sont chargées; par suite, les eaux qui arrosent les pâturages alpestres en sont dépourvues. Je devais donc m'attendre à voir les herbes de ces pâturages infiniment

plus pauvres en sel que les fourrages des plaines. L'expérience a confirmé ces prévisions. L'insuffisance du sel dans l'aliment se traduit par une diminution de chlorure dans l'organisme animal. J'ai examiné le sang des moutons et des lapins vivant sur les flancs du Pic du Midi et d'autres pâturages élevés, comparativement avec celui des mêmes races vivant dans les plaines. Dans le premier cas, il y avait sensiblement moins de sel que dans le second. Ce n'est donc pas à un simple instinct de gourmandise qu'obéissent les animaux des régions alpestres en se jetant avidement sur le sel; ils cherchent à satisfaire un véritable besoin de leur organisme.

Le sang des animaux vivant sur les pâturages alpestres.

P. Bert a montré que le pouvoir absorbant du sang pour l'oxygène diminue sous l'influence de la dépression; c'est à ce fait qu'on a attribué le mal de montagne. Cependant l'organisme animal paraît s'acclimater, au bout de quelque temps, sur les hauts lieux, malgré les faibles pressions qui y règnent. P. Bert a pensé que cette acclimatation était due à un enrichissement du sang en hémoglobine, pouvant compenser la raréfaction de l'air et maintenir l'équilibre dans les fonctions vitales. Dans le but de contrôler ces assertions, j'ai établi une série de recherches comparées sur les animaux de même espèce, vivant, les uns à une grande altitude (au sommet du pic du Midi), les autres dans les plaines peu élevées au-dessus du niveau de la mer. J'ai voulu également savoir si, le fait de l'enrichissement du sang étant constaté, cette modification se produit rapidement ou seulement après plusieurs générations successives.

Dans ce but, j'ai installé à l'observatoire du Pic du Midi des lapins qui s'y sont reproduits normalement et, au bout de sept années, j'ai examiné le sang de leurs descendants, comparativement avec celui des descendants des lapins restés dans la plaine. L'enrichissement du sang en hémoglobine pendant le séjour sur la montagne a été manifeste : la proportion de fer et le pouvoir absorbant pour l'oxygène étaient presque doubles.

Un séjour de sept ans comprenant plusieurs générations de lapins a

donc suffi pour amener cet enrichissement du sang, qui a permis aux animaux de combattre la dépression et d'exercer normalement leurs fonctions respiratoires.

Mais cette modification du sang peut se produire dans un temps beaucoup plus court. En effet, des moutons pâturant entre 2300^{m} et 2700^{m} d'altitude, nés dans la plaine et transportés sur la montagne seulement depuis six semaines, avaient un sang beaucoup plus riche que celui de leurs congénères restés dans les vallées basses.

L'organisme animal s'est donc adapté rapidement à des conditions atmosphériques exceptionnelles.

TRAVAUX DIVERS.

Je rangerai dans cette catégorie quelques études industrielles.

Les unes, ayant trait au tannage et aux matières tannantes, ont élucidé des points restés obscurs dans la théorie de la fabrication des cuirs et ont amené l'emploi de nombreuses matières tannantes qui étaient autrefois délaissées. J'ai montré que d'énormes quantités de tannin se perdent dans le cours de la fabrication et qu'en entravant son altération on peut réaliser de notables économies sur les prix de revient des produits fabriqués.

Les autres sont relatives à l'industrie sucrière et particulièrement aux altérations qui se produisent dans la canne à sucre et dans les sucres bruts, dans lesquels j'ai observé la formation d'un glucose inactif qui, non seulement abaisse les rendements en sucre raffiné, mais a de plus l'inconvénient de rendre inexacte l'analyse saccharimétrique qui sert de base aux transactions.

Méthodes d'examen et d'analyse des produits agricoles.

Le contrôle des engrais chimiques, l'unification des méthodes d'analyse de la terre, la recherche des fraudes des matières agricoles, présentent pour la pratique un intérêt considérable.

L'analyse des engrais commerciaux.

J'ai été chargé, comme rapporteur du Comité des stations agronomiques, de rédiger les instructions relatives au contrôle des engrais à l'usage des directeurs de stations agronomiques et des chimistes experts. Les méthodes recommandées dans ce travail ont été rendues officielles par le règlement d'administration publique élaboré à la suite

de la loi relative à la fraude dans le commerce des engrais. L'unification des procédés et la sanction officielle qui leur a été donnée ont contribué à garantir les agriculteurs contre l'exploitation dont ils étaient l'objet de la part d'industriels peu scrupuleux.

L'analyse des terres.

Il a été reconnu par les travaux de M. de Gasparin et par ceux de M. E. Risler que la détermination des éléments fertilisants du sol constitue un moyen d'apprécier leur fertilité et de déterminer la nature des engrais qu'il convient de lui appliquer.

Beaucoup d'agriculteurs ont aujourd'hui recours à ce moyen d'information; mais un certain discrédit s'y était attaché par suite de la différence des méthodes employées par les divers opérateurs. Pour une même terre, il y avait souvent de grandes divergences qui jetaient le trouble dans l'esprit des propriétaires. Il y avait donc intérêt à unifier les méthodes, afin d'obtenir toujours des résultats comparables.

J'ai été chargé de l'exécution de ce travail, comme rapporteur du Comité des stations agronomiques. Aujourd'hui ces méthodes sont employées dans tous les laboratoires de la France et dans la plupart des stations agronomiques de l'étranger. Les divergences si regrettables ne se produisent plus et l'on voit s'accroître tous les jours le nombre des agriculteurs qui demandent à l'analyse le moyen d'appliquer judicieusement les engrais à leur terre.

La fraude des beurres.

J'ai été également chargé, par le Conseil supérieur de l'Agriculture, de déterminer les méthodes devant servir aux experts pour la recherche de la fraude des beurres, fraude extrêmement difficile à découvrir et qui porte un grave préjudice à notre industrie laitière et à notre commerce d'exportation. Le travail auquel je me suis livré pour l'étude de cette question délicate a consisté non seulement dans les perfectionnements et la simplification de méthodes déjà connues, mais aussi dans l'indication de procédés nouveaux dont j'ai jugé l'exécution plus facile et les résultats plus certains.

Traité d'analyse des matières agricoles.

Dans un volume de 594 pages, j'ai exposé l'ensemble des méthodes d'analyse des matières agricoles comprenant les engrais, les amendements, les fumiers; les sols, les roches et les eaux; les fourrages et les produits destinés à l'alimentation de l'homme et des animaux domestiques; les matières premières et les produits élaborés des industries agricoles; en un mot, toutes les substances que l'agriculteur emploie ou produit. Ces diverses méthodes ont été généralement adoptées en France et à l'étranger.

Les engrais.

Dans un Ouvrage en trois volumes, comprenant chacun environ 600 pages, fait en collaboration avec M. Ant.-Ch. Girard, j'ai exposé l'origine et l'emploi des matériaux auxquels l'agriculteur doit avoir recours pour la fertilisation et l'amélioration de ses terres. Cet Ouvrage contient les indications pratiques devant guider l'agriculteur pour l'emploi, dans les conditions les plus économiques, des amendements et des matières fertilisantes; il est aujourd'hui entre les mains d'un grand nombre d'agriculteurs, qui se guident d'après les règles qui y sont exposées; aussi, quoique le tome III n'ait été publié qu'en 1891, cet Ouvrage est-il déjà aujourd'hui (1893) à sa troisième édition.

Dans le cours de sa rédaction, de nombreux problèmes se sont posés, car bien des points touchant à l'influence des divers engrais sur les différents sols et sur les différentes cultures restaient à élucider.

Tout en réunissant l'ensemble des connaissances déjà acquises, nous avons dû procéder à de nombreuses études culturales, pour contrôler des assertions douteuses ou pour élucider des points restés obscurs. Cet Ouvrage n'est donc pas une compilation, il contient beaucoup d'études originales qui ont introduit des notions nouvelles sur la valeur comparée des engrais et sur leur application suivant la nature des sols et suivant les cultures.

Bibliothèque de l'Enseignement agricole.

Les progrès de l'agriculture reposent surtout sur les renseignements précis et pratiques, mis à la portée des agriculteurs instruits, dont l'action sur la grande masse de la population agricole se produit lentement, mais sûrement. Désirant contribuer au mouvement qui se dessine actuellement en faveur des connaissances positives et persuadé que les conseils sont d'autant mieux écoutés qu'ils partent de plus haut, j'ai fait appel au concours des savants les plus compétents, dans chacune des spécialités ayant trait à l'agriculture, en leur demandant de réunir, sous forme de volumes, le résultat de leur expérience et de leurs études.

J'ai déjà fait paraître seize volumes de cette publication, éditée par MM. Firmin-Didot et Cie.

L'ensemble de ces Ouvrages constituera une véritable Encyclopédie agricole.

20433 Paris. — Imprimerie Gauthier-Villars et fils, quai des Grands-Augustins, 55.